

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
FAKULTA METALURGIE A MATERIALOVÉ INŽENÝRSTVÍ
KATEDRA EKONOMIKY A MANAGEMENTU V METALURGII

Posouzení nákladové a energetické náročnosti výroby tekutého kovu a apretace
odlitků

The evaluation of cost and energy efficiency of liquid metal production and
finishing of casting

Student: Bc. Radomír Nárožný

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Václav Kafka, CSc.

Ostrava 2013

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství
Katedra ekonomiky a managementu v metalurgii

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Radomír Nárožný**

Studijní program: N3922 Ekonomika a řízení průmyslových systémů

Studijní obor: 6208T123 Ekonomika a management v průmyslu

Téma: Posouzení nákladové a energetické náročnosti výroby tekutého kovu a
apretace odlitků
The Evaluation of Cost and Energy Efficiency of Liquid Metal
Production and Finishing of Castings.

Zásady pro vypracování:

- Zařadte obě hlavní výrobní fáze do výrobního toku produkce odlitků.
- Stanovte metodické zásady a vypočítejte nákladovou a energetickou náročnost obou hlavních výrobních fází.
- Proveďte interpretaci získaných výsledků a navrhněte doporučená opatření.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] KAFKA, V.; POLOKOVÁ, O; PAZDERKOVÁ V; VYLETOVÁ, B.; HERZÁN, M.; LÁNA, I., NOVOBILSKÝ, L.; DOUPOVEC, D.; JELÍNEK, P, LASÁK, R.; STANÍČKOVÁ G. Vypracování metodiky nákladového hodnocení výrobní fáze apretace odlitků. PROJEKT XII, závěrečná zpráva. Brno: ČSS, 2012.
- [2] KAFKA, V. Snižování nákladů v metalurgii. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava. 1999. ISBN 80-7078-627-2.
- [3] CHRÁST, J. Slévárenská zařízení. 1. vyd., Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2006. 256 s. ISBN 80-7204-455-9.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Václav Kafka, CSc.**

Datum zadání: 30.11.2012

Datum odevzdání: 20.04.2013



Z. Rad

doc. Ing. Radim Lenort, Ph.D.
vedoucí katedry

L. Dobrovský

prof. Ing. Ludovít Dobrovský, CSc., Dr.h.c.
děkan fakulty

Zásady pro vypracování diplomové práce

I.

Diplomovou prací (dále jen DP) se ověřují vědomosti a dovednosti, které student získal během studia, a jeho schopnosti využívat je při řešení teoretických i praktických problémů.

II.

Uspořádání diplomové práce:

- | | |
|--|------------------------------|
| 1. Titulní list | 5. Obsah DP |
| 2. Zásady pro vypracování DP | 6. Textová část DP |
| 3. Prohlášení + místopřísežné prohlášení | 7. Seznam použité literatury |
| 4. Abstrakt + klíčová slova česky a anglicky | 8. Přílohy |

ad 1) Titulním listem je originál zadání DP, který student obdrží na své oborové katedře.

ad 2) Tyto „Zásady pro vypracování diplomové práce“ následují za titulním listem. („Zásady pro vypracování diplomové práce“ jsou ke stažení na webových stránkách fakulty).

ad 3) Prohlášení + místopřísežné prohlášení napsané na zvláštním listě (ke stažení na webových stránkách fakulty) a vlastnoručně podepsané studentem s uvedením data odevzdání DP. V případě, že DP vychází ze spolupráce s jinými právníckými a fyzickými osobami a obsahuje citlivé údaje, je na zvláštním listě vloženo prohlášení spolupracující právnické nebo fyzické osoby o souhlasu se zveřejněním DP.

ad 4) Abstrakt a klíčová slova jsou uvedena na zvláštním listě česky a anglicky v rozsahu max. 1 strany pro obě jazykové verze.

ad 5) Obsah DP se uvádí na zvláštním listě. Zahrnuje názvy všech očíslovaných kapitol, podkapitol a statí textové části DP, odkaz na seznam příloh a seznam použité literatury, s uvedením příslušné stránky. Předpokládá se desetinné číslování.

ad 6) Textová část DP obvykle zahrnuje:

- Úvod, obsahující charakteristiku řešeného problému a cíle jeho řešení v souladu se zadáním DP;
- Vlastní rozpracování DP (včetně obrázků, tabulek, výpočtů) s dílčími závěry, vhodně členěné do kapitol a podkapitol podle povahy problému;
- Závěr, obsahující celkové hodnocení výsledků DP z hlediska stanoveného zadání.

DP bude zpracována v rozsahu min. cca 45 stran (včetně obsahu a seznamu použité literatury).

Text musí být napsán vhodným textovým editorem počítače po jedné straně bílého nelesklého papíru formátu A4 při respektování následující **doporučené** úpravy - písmo Times New Roman (nebo podobné) 12b; řádkování 1,5; okraje – horní, dolní – 2,5 cm, levý – 3 cm, pravý 2 cm. Fotografie, schémata, obrázky, tabulky musí být očíslovány a musí na ně být v textu poukázáno. Budou zařazeny průběžně v textu, pouze je-li to nezbytně nutné, jako přílohy (viz ad 8).

Odborná terminologie práce musí odpovídat platným normám. Všechny výpočty musí být přehledně uspořádány tak, aby každý odborník byl schopen přezkoušet jejich správnost. U vzorců, údajů a hodnot převzatých z odborné literatury nebo z praxe musí být uveden jejich pramen - u literatury citován číselným odkazem (v hranatých závorkách) na seznam použité literatury.

Nedostatky ve způsobu vyjadřování, nedostatky gramatické, neopravené chyby v textu mohou snížit klasifikaci práce.

ad 7) DP bude obsahovat alespoň 15 literárních odkazů, z toho nejméně 5 v některém ze světových jazyků.

Seznam použité literatury se píše na zvláštním listě. **Citaci literatury je nutno uvádět důsledně v souladu s ČSN ISO 690.** Na práce uvedené v seznamu použité literatury musí být uveden odkaz v textu DP.

ad 8) Přílohy budou obsahovat jen ty části (speciální výpočty, zdrojové texty programů aj.), které nelze vhodně včlenit do vlastní textové části např. z důvodu ztráty srozumitelnosti.

III.

Diplomovou práci student odevzdá ve dvou knihařsky svázaných vyhotoveních, pokud katedra garantující studijní obor neurčí jiný počet. Vnější desky budou označeny takto:

nahoře: *Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava*
Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství
Katedra

uprostřed: *DIPLOMOVÁ PRÁCE*

dole: *Rok* *Jméno a příjmení*

Kromě těchto dvou knihařsky svázaných výtisků odevzdá student kompletní práci také v elektronické formě do IS EDISON. Práce vložená v elektronické formě do IS EDISON se musí zcela shodovat s prací odevzdanou v tištěné formě.

IV.

Diplomová práce, která neodpovídá těmto zásadám, nemůže být přijata k obhajobě. Tyto zásady jsou závazné pro studenty všech studijních programů a forem magisterského, resp. navazujícího magisterského studia fakulty metalurgie a materiálového inženýrství Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava od akademického roku 2012/2013.

Ostrava 30. 11. 2012

Prof. Ing. Ludovít Dobrovský, CSc., Dr.h.c.
děkan fakulty metalurgie a materiálového inženýrství
VŠB-TU Ostrava

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- jsem byl(a) seznámen(a) s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména §35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního (§60 - školní dílo);
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB - TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3);
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude archivována v elektronické formě v databázi Ústřední knihovny VŠB - TUO a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO;
- bylo sjednáno, že s VŠB - TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona;
- bylo sjednáno, že užít své dílo - diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB - TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že odevzdáním své diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (Zákon o vysokých školách) bez ohledu na výsledek její obhajoby.

MÍSTOPŘÍSEŽNÉ PROHLÁŠENÍ

Místopřísežně prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci vypracoval(a) samostatně.

V Ostravě 18.6.2013

l. Varo?
podpis (jméno a příjmení studenta)

Abstrakt

Předmětem této diplomové práce je posouzení nákladové a energetické náročnosti dvou hlavních fází výroby odlitku. Porovnává se tekutý kov nutný k výrobě odlitku a závěrečná fáze dohotovení odlitku - apretace. Pro posouzení byla zvolena metoda neúplných vlastních nákladů (NVN), které představují pouze náklady přímo ovlivnitelné provozem. Energetická náročnost byla stanovena jako součet energií přímo vynaložených na výrobu odlitků. Práce využívá výsledků PROJEKTU XII zpracovaných řešitelským kolektivem Odborné komise ekonomické při ČSS. Dále se opírá o práce diplomantů a doktorandů Vysoké školy báňské - Technické univerzity Ostrava, fakulty Metalurgie a materiálového inženýrství. Cílem práce je stanovení nákladové a energetické náročnosti výroby tekutého kovu a apretace odlitků, porovnání získaných výsledků. Práce je zakončena doporučením a návrhem dalšího možného postupu řešení.

Klíčová slova

neúplné vlastní náklady; energetická náročnost; výroba tekutého kovu; apretace; odlitek

Abstract

The subject of this thesis is to assess the cost and energy intensity of the two main stages of production casting. It is compared with the liquid metal required for the production of castings and casting the final stage of completion - finishing. The assessment method was selected incomplete prime costs (IPC), which represent only the costs directly influenced by servis. Energy intensity was determined as the sum of the energy expended directly for the production of castings. The post uses the results processed PROJECT XII team problem-solving economic CSS Expert committees. Further work is based on the MSc VSB - Technical University of Ostrava, Faculty of Metallurgy and Materials Engineering. Aim of this work is to determine the cost and energy consumption of liquid metal production and finishing of castings, comparing the results obtained. The work ends with recommendations and proposed another possible solution procedure.

Keywords

incomplete prime costs; energy consumption; production of liquid metal; finishing; casting

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat zejména svému vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Václavu Kafkovi, CSc. a také své konzultantce Ing. Michaelae Strouhalové za jejich podporu a za mnoho cenných rad při vedení diplomové práce.

Poděkování patří také Odborné komisi ekonomické České slévárenské společnosti a autorům prací, kteří poskytli potřebná data ke vzniku této diplomové práce.

Obsah

1	Úvod	8
2	Teoretická východiska diplomové práce	9
2.1	Definice nákladů a jejich klasifikace	9
2.1.1	Druhové členění nákladů	9
2.1.2	Členění nákladů v závislosti na objemu výroby	10
2.1.3	Členění nákladů podle hospodářských středisek	11
2.1.4	Kalkulační členění nákladů	11
2.2	Kalkulace úplných vlastních nákladů	13
2.3	Kalkulace neúplných vlastních nákladů	13
2.4	Technologie výroby tekutého kovu	14
2.4.1	Rozdělení procesu tavení	16
2.4.2	Typy pecních agregátů	17
2.5	Elektrická oblouková pec	18
2.6	Elektrická indukční pec	20
2.7	Technologie apretace odlitků	21
2.7.1	Hrubé čištění odlitků	22
2.7.2	Oddělování vtoků a nálitků	23
2.7.3	Apretace	23
2.8	PROJEKT XII	24
2.9	Cíl diplomové práce	24
3	Posouzení nákladové náročnosti tekutého kovu a apretace odlitků	25
3.1	Analýza výroby tekutého kovu	25
3.1.1	Analýza poskytnutých dat	25
3.2	Stanovení neúplných vlastních nákladů výroby tekutého kovu	26

3.3	Stanovení energetické náročnosti výroby tekutého kovu	27
3.4	Analýza výrobní fáze apretace odlitků	28
3.5	Stanovení neúplných vlastních nákladů apretace odlitků.....	31
3.6	Stanovení energetické náročnosti apretace.....	32
4	Získané výsledky nákladové a energetické fáze výroby tekutého kovu a apretace	34
4.1	Stanovení neúplných vlastních nákladů výroby tekuté LKG a jeho energetické náročnosti	34
4.2	Stanovení neúplných vlastních nákladů apretace odlitku z LKG a jeho energetické náročnosti	34
4.2.1	Nákladová a energetická náročnost apretace LLG, LKG a oceli	35
4.2.2	Porovnání náročnosti tekuté fáze a apretace při výrobě odlitků.....	36
4.2.3	Porovnání nákladové a energetické náročnosti apretace v závislosti na hmotnosti odlitku	42
4.3	Návrh dalšího postupu	44
5	Závěr	46
	SEZNAM LITERATURY	48
	SEZNAM ZKRATEK	50
	SEZNAM OBRÁZKŮ	51
	SEZNAM TABULEK	52
	SEZNAM VZORCŮ	53

1 ÚVOD

Prakticky celé světové hospodářství je v současné době ovlivněno globální finanční krizí. Tato skutečnost významně ovlivňuje i českou metalurgii, které je tímto postaveno před řešení spousty úkolů. Jedním z řešení je zaměření řízení sléváren na redukci spotřeby nejen nákladové náročnosti, ale také náročnosti energetické. Podnětem pro tuto činnost je zejména neustálý růst energií a surovin.

Diplomová práce je rozdělena na dvě části. První z nich definuje náklady včetně jejich členění a kalkulaci neúplných vlastních nákladů (NVN). Věnuje se popisu technologií výroby tekutého kovu v různých pecních agregátech. Dále je zaměřena na konečnou fázi výroby odlitků - apretaci. V závěru prvního bloku představí PROJEKT XII (PXII).

V praktické části se tato diplomová práce věnuje stanovení nákladové náročnosti výroby tekutého kovu a závěrečné výrobní fázi apretaci odlitků. Využívá výsledků práce řešitelského kolektivu odborné komise ekonomické při České slévárenské společnosti a prací diplomantů a doktorandů v týmu „Metalurgie, ekonomika“. Navazuje na metodiku stanovenou v PXII. Posuzuje nákladovou a energetickou náročnost výroby kovu s apretací. Porovnává náročnost procesu výroby litiny s kuličkovým grafitem (LKG) a apretaci stejné litiny. Dále srovnává náročnost na apretaci pro litinu s kuličkovým grafitem (LKG), lupínkovým grafitem (LLG) a ocelovými odlitky. Provádí komplexní porovnání a zhodnocení veškerých získaných výsledků s grafickou interpretací.

V závěru práce se věnuje vyhodnocení stanovených náročností a návrh postupu dalšího možného řešení.

Nejprve je třeba se zaměřit na teoretická východiska v oblasti nákladovosti.

2 TEORETICKÁ VÝCHODISKA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Teoretická část definuje pojem náklady, dále představí jejich základní členění, kalkulace a neúplné vlastní náklady. Dále se zaměřuje na technologii výroby tekutého kovu a technologii apretaci odlitků. V poslední části představuje PROJEKT XII.

2.1 Definice nákladů a jejich klasifikace

Náklady podniku můžeme charakterizovat jako peněžně vyjádřenou spotřebu výrobních faktorů, které jsou účelně vynaloženy na tvorbu podnikových výnosů včetně dalších nutných nákladů spojených s činností podniku [1].

Pro potřeby praktického řízení je nutné náklady podrobněji třídit podle určitých kritérií. Klasifikační hlediska mohou být různá a jsou dána účelem sledování nákladů. Za hlavní hlediska členění nákladů v podniku lze označit třídění podle [3]:

- nákladových druhů,
- položek kalkulačních vzorců a kalkulačních jednic,
- závislosti na objemu výroby,
- místa jejich vzniku a okruhů odpovědnosti.

2.1.1 Druhové členění nákladů

Druhové členění nákladů je základním přístupem ke klasifikaci nákladů. V rámci této klasifikace členíme náklady dle druhu spotřebovaného externího vstupu do podnikového transformačního procesu. Jedná se o rozdělení nákladů, které odpovídá finančnímu pojetí nákladů. Toto členění nákladů se používá i při sestavení standardních účetních výkazů. V účetnictví najdeme relativně detailní členění nákladů, ale v zásadě existuje několik elementárních nákladových druhů, které nalezneme téměř v každém podniku [2].

Za základní nákladové druhy můžeme považovat tyto položky [1]:

- spotřeba materiálu, energie a externích služeb,
- osobní náklady (mzdy, platy, provize, náklady na sociální zabezpečení, sociální náklady),
- odpisy hmotného i nehmotného dlouhodobého majetku,
- finanční náklady (nákladové úroky atd.).

Druhové členění nákladů je nutné pro snahu o nákladovou optimalizaci. Relativní podíl jednotlivých nákladových druhů nám může u jednotlivých organizací napovědět, jakou roli hraje určitý nákladový druh a jaký je jeho význam. Umožňuje rozpoznat, na které nákladové druhy je potřeba se zaměřit při snaze o nákladovou optimalizaci nebo jak se v absolutní hodnotě projeví relativní úspora určitého nákladového druhu. Na druhou stranu toto členění nákladů neříká nic o tom, jak a k jakému účelu byly tyto náklady vynaloženy [2].

2.1.2 Členění nákladů v závislosti na objemu výroby

Důležité místo v klasifikaci nákladů představuje jejich rozlišování na fixní (stálé) a variabilní (proměnné). Tradiční teorie nákladů vysvětlují tyto pojmy na základě výsledného chování nákladů a jejich vztahu ke konečné příčině jejich vzniku, obvykle vyjadřované objemem produkce [3].

Náklady fixní jsou definovány jako náklady, které se ve své absolutní výši nemění v určitém rozmezí objemu výroby. V přepočtu na jednici výroby budou mít tyto náklady s růstem objemu výroby klesající charakter. Příkladem fixních nákladů jsou odpisy hmotného majetku při použití rovnoměrné odpisové metody. Fixní náklady však nejsou absolutně stálé. Při výraznější změně objemu výroby se jejich absolutní výše mění skokem na jinou úroveň. Jsou tedy převážně závislé na čase [3].

Náklady variabilní jsou náklady, které se mění ve své absolutní výši v závislosti na objemu výroby. Tato závislost může být proporcionální, jde o náklady proporcionálně proměnné, nebo proměnné náklady v absolutní výši rostou pomaleji, popř. rychleji než objem výroby [3].

Variabilní náklady, představují ty náklady, které jsou přímo úměrné změně v závislosti na změně objemu nebo výstupu [4].

2.1.3 Členění nákladů podle hospodářských středisek

Třídění nákladů podle hospodářských středisek představuje sledování nákladů dle vnitropodnikových útvarů. Náklady, které lze přímo připočítat určitému nákladovému středisku, označujeme jako jednicové náklady střediska. Náklady, které nelze připočítat přímo, ale pouze pomocí určitého klíče, označujeme jako režijní náklady střediska, nebo též střediskové náklady. Obvykle rozlišujeme režijní náklady materiálové, výrobní, správní a odbytové. Přehledem nákladů je rozpočet [1].

Hospodářská střediska jsou v podniku vytvářena podle následujících zásad [3]:

- hospodářské středisko musí tvořit uzavřený odpovědnostní okruh hospodářské činnosti s jednoznačně vymezenou působností,
- v čele hospodářského střediska musí být jediný odpovědný vedoucí,
- činnost hospodářského střediska musí být plánována a kontrolována,
- za hospodářské středisko lze účelně a hospodárně sledovat spotřebu živé a zvěcnělé práce, měřit výkony při jejich předávání jiným hospodářským střediskům,
- stanovovat vnitropodnikové ceny nebo zúčtovací sazby,
- sestavovat rozpočty související se jeho činností a využívat jich ke kontrole hospodaření,
- v účetnictví zjišťovat skutečné střediskové náklady, střediskové výnosy a vnitropodnikový výsledek hospodaření,
- zjišťovat ostatní složky celkového výsledku hospodaření.

2.1.4 Kalkulační členění nákladů

Cílem kalkulačního členění nákladů je zjistit výši nákladů, připadajících na určitý výkon, tj. na určitý výrobek, práci nebo službu, a to na jejich kalkulační jednici (např. tunu, kus) [3].

Kalkulační třídění nákladů umožňuje zjistit výnosnost (rentabilitu) výrobků a tím usměrňovat i strukturu výrobního programu.

Rozlišujeme dvě základní skupiny nákladů – jednicové (přímé) náklady, které lze hospodárně zjistit a přiřadit jednotlivým druhům výrobků a režijní (nepřímé) náklady, které jsou společně vynakládány na více druhů výrobků nebo na chod celého útvaru (dílny, provozu, podniku) a které je nutné dovést na jednotlivé výrobky pomocí různých přírážek [1].

Základní strukturu nákladů v kalkulačním členění lze charakterizovat pomocí tzv. typového kalkulačního vzorce, který má základní podobu [3] (viz tab. 1):

Tab. 1: Typový kalkulační vzorec

Typový kalkulační vzorec
1. Přímý materiál
2. Přímé mzdy
3. Ostatní přímé náklady
4. Výrobní režie
1. – 4. Vlastní náklady výroby
5. Správní režie
1. – 5. Vlastní náklady výkonu
6. Odbytové náklady
1. – 6. Úplné vlastní náklady výkonu
7. Zisk (ztráta)
1. – 7. Cena výkonu

Přímý materiál – do této položky patří veškeré suroviny, základní materiál, polotovary, pomocný i ostatní materiál, jejichž spotřebu lze stanovit přímo na kalkulační jednici.

Přímé mzdy – tato položka zahrnuje mzdy, které lze stanovit přímo na kalkulační jednici. Jsou to zpravidla mzdy výrobních dělníků (úkolové i časové) včetně příplatků a doplatků ke mzdám a premií, nebo odměn zahrnovaných do nákladů.

Ostatní přímé náklady – v této položce se vykazují další významné technologie, popř. i jiné náklady, které souvisí s výrobním procesem. Tyto náklady lze hospodárně přiřazovat přímo jednotlivým kalkulačním jednicím. Patří k nim např. spotřeba technologického paliva a energií, odpisy speciálních nástrojů a přípravků v používání, případně odpisy dalších složek dlouhodobého majetku, pojistné na sociální zabezpečení a zdravotní pojištění, hrazené zaměstnavatelem, připadající ke změnám v položce přímé mzdy apod.

Výrobní režie – do této položky se zahrnují náklady, související s řízením a obsluhou výrobního procesu. Zmíněné náklady nelze stanovit přímo na kalkulační jednici, např. jsou to spotřeba režijního materiálu, paliva, odpisy investičního majetku, režijní mzdy, pojistné vztahované k těmto mzdám, hrazené zaměstnavatelem, různé další nakupované služby.

Správní režie – do této položky patří všechny náklady, související s řízením a správou podniku.

Odbytové náklady – do této položky patří náklady spojené s odbytovou činností, zejména s prodejem a expedicí výrobků.

2.2 Kalkulace úplných vlastních nákladů

Kalkulace úplných vlastních nákladů vyjadřuje předběžné nebo skutečné úplné vlastní náklady při daném objemu výkonů. Na kalkulační jednici jsou dovedeny veškeré náklady, označuje se tato kalkulace jako absorpční [5].

Úplné vlastní náklady kalkulační jednice jsou průměrnými celkovými náklady, které se rovnají součtu průměrných variabilních a fixních nákladů na jednotku výkonu. Z vyjádření vývoje průměrných celkových nákladů v závislosti objemu výkonů je známo, že průměrné variabilní náklady jsou stálé. A to v důsledku jejich proporcionálního vývoje a průměrné fixní náklady se vyvíjejí degresivně, tzn., klesají se vzrůstajícím objemem výkonů. Proto i průměrné celkové náklady a úplné vlastní náklady výkonu degresivně klesají s růstem objemu výkonů, tedy s růstem výrobní kapacity. Tato skutečnost má vliv na určité vlastnosti kalkulace úplných vlastních nákladů, které způsobují jisté omezení této kalkulace [5].

2.3 Kalkulace neúplných vlastních nákladů

Kalkulace neúplných vlastních nákladů (NVN) přiřazuje výkonům (kalkulační jednici) pouze přímé nebo variabilní náklady, to znamená jednicové náklady a variabilní část režijních nákladů. Kalkulační jednici přiřazuje jen náklady, které jsou poměrně snadno zjistitelné. Kalkulace NVN je označována jako kalkulace variabilních nebo dílcích nákladů [6].

Neúplné vlastní náklady představují ty náklady, které jsou v přímém vztahu k danému procesu a jsou přímo ovlivnitelné provozem, např. hospodářským střediskem, nebo pecní osádkou.

Základní pojetí kalkulace NVN [6]:

- jednotlivý výkon vyvolá pouze variabilní náklady,
- fixní náklady jsou považovány za nedělitelný celek, které je třeba vynaložit v souvislosti se zajištěním chodu organizace (jsou výsledkem za časové období),
- nezpůsobuje-li jednotlivý výkon fixní náklady, pak nepřináší ani zisk,
- ekonomický přínos prodeje výrobku je vyjádřen pomocí veličiny příspěvek na úhradu.

Rozlišení nákladů z hlediska času [3]:

- předběžné – sestavované před provedením výkonu (může se jednat o kalkulace operativní, plánované, popř. propočtové),
- výsledné – sestavované po provedení výkonu.

Rozlišení nákladů z hlediska metodického [3]:

- kalkulace postupné – kdy se spotřebovávané polotovary vlastní výroby z předchozí fáze oceňují v kalkulaci následné vlastními výkony a jsou uvedeny jednou položkou v kalkulaci,
- kalkulace průběžné – v nich se spotřebované polotovary nebo jiné výkony z předchozích fází výroby vykazují v kalkulačním členění příslušného kalkulačního vzorce.

2.4 Technologie výroby tekutého kovu

Výroba tekutého kovu je proces zvaný tavení. Tavením všeobecně rozumíme proces roztavení vsázky v tavící peci, resp. v tavícím agregátu. Produktem tavení je tekutý kov [7].

Ve slévárenské výrobě se pod pojmem tavení tekutého kovu rozumí komplexní fyzikálně-chemický proces, spojený s výrobou tekutého kovu požadovaných vlastností, zabezpečujících výrobu odlitků potřebné kvality [7].

Výsledky procesů moderní tvorby železa a oceli, které se opírají o vědecké základy, jsou odlitky se specifickými požadavky na design, vývoj, řízení a kontrolu [8].

Průmyslový proces tavení kovu zpracovává železné rudy a železné odpady k získání čistého kovu. Cílem je výroba strojních součástí, strojů, nástrojů a nářadí, které jsou potřebné v dalších průmyslových oblastech stejně jako v jiných odvětvích hospodářství. Různé typy kovů a slitin se používají jako výchozí materiál, včetně materiálu válcovaného a taženého [9].

Samostatný proces tavení kovů za účelem výroby odlitků se skládá z komplexu samostatných operací. Hlavním agregátem je tavící pec. Do pece vstupuje vsázka a energie. Výsledkem procesu tavení jsou [7]:

- tekutý kov požadované kvality (teplota, chemické složení),
- vedlejší produkty (struska, pevné a plynné exhalace).

Samotný proces tavení se skládá z [7]:

- a) přípravy pece (vyčistění od zbytků z předešlé tavby, oprava poškozené žáruvzdorné vyzdívky pece),
- b) sázení (kovová vsázka, struskotvorné přísady, příp. palivo),
- c) ohřevu na tavící teplotu (předehřev),
- d) roztavení (změna skupenství),
- e) výroby taveniny podle zadání
- f) přehřívání na požadovanou teplotu,
- g) nahromadění požadovaného množství tekutého kovu. Při kontinuálním procesu tavení proces nahromadění potřebného množství kovu se dělá mimo tavící agregát.
- h) kontroly kvality a její korekce (úprava chemického složení, rafinace, odstátí a odstranění strusky, kontrola požadovaných vlastností tekutého kovu apod.),
- i) odpichu (vypouštění, odlévání).

Kontrola výsledků tavení (produktů) je porovnávána s výrobními předpisy a na základě zjištěných rozdílů kvality získaných produktů tavení se dělá její korekce, konkrétně [7]:

- složení vsázky a množství energie,
- kvality přípravy pece před tavením,
- postupu zavážení,
- úpravy tekutého kovu před odpichem.

Jak je ze schématu procesu vidět jde o vzájemné spojený proces: zavážení – tavení – kontroly výsledků procesu a zpětné vazby celého procesu [7].

2.4.1 Rozdělení procesu tavení

Proces tavení lze rozdělit několika způsoby dle zvoleného kritéria.

1. Podle stádií [7]:

- monoprocess (v jedné peci),
- polyprocess (duplex, triplex – v 2 a více pecích, resp. agregátech).

2. Podle druhu vsázky [7]:

- prvotní tavení (kov prvního tavení ze základních surovin z rud),
- druhotné (sekundární) tavení (z produktů 1. tavení a druhotných surovin),
- přetavení (přetavení kvalitních ingotů pod syntetickou struskou za účelem zvýšení kvality).

3. Dle způsobu ohřevu a druhu energie [7]:

- šachtové pece (koks, uhlí),
- plynové pece, resp. pece na tekuté palivo (různé druhy paliva),
- elektrické pece (elektrická energie).

V praxi dnes existují i kombinované procesy, jako např. šachtová - plynová pec (bez koksové kuplovny), indukčně plazmová pec apod.

4. Dle účelu [7]:

- tavící pece (slouží jen na roztavení),
- pece pro sekundární úpravu kovu (duplex) např. pánvová pec (pánvový ohřev),
- udržovací pece (zásobníky tekutého kovu s možností úpravy teploty a chemického složení)
- odlévací pece na automatizované odlévání s ohřevem za účelem udržování odlévací teploty.

2.4.2 Typy pecních agregátů [7]:

a) Kuplovná – šachtová pec různé konstrukce a vybavení. Vyrábí se v ní až 70% z celkového množství litiny na odlitky. Umožňuje dlouhodobou plynulou výrobu tekuté litiny průměrné kvality nejběžnějších jakostí (STN 42 2410 až 30). Výrobní náklady jsou nízké, umožňuje zpracovat poměrně široký sortiment vsázkových surovin i snížené kvality (hlavně čistoty). Umožňuje vysoké tavící výkony (podle průměru šachty), jednoduchou nenáročnou obsluhu a vyznačuje se také nízkými investičními náklady (podle stupně vybavení, hlavně na zachycování spalin a předehřevu vzduchu rekuperací spalin). Mezi nejznámější nevýhody patří problémy s ekologií, hlavně u starších typů.

b) Elektrická indukční pec (IP), nejčastěji středo-frekvenční, respektive nízko-frekvenční je vážným konkurentem kuplovný, hlavně z důvodu nízké (normám a předpisům vyhovující) produkce exhalací. Náklady na energie jsou však jako u kuplovný vysoké. Umožňuje vyrábět široký sortiment litin s přesně požadovaným složením a teplotou tekutého kovu, čím se výrazně zvyšuje využití tekutého kovu ve slévárně.

Elektrická indukční pec umožňuje také duplexní, resp. triplexní postup tavení a odlévání, hlavně ve spojení s energeticky méně nákladnými pecemi.

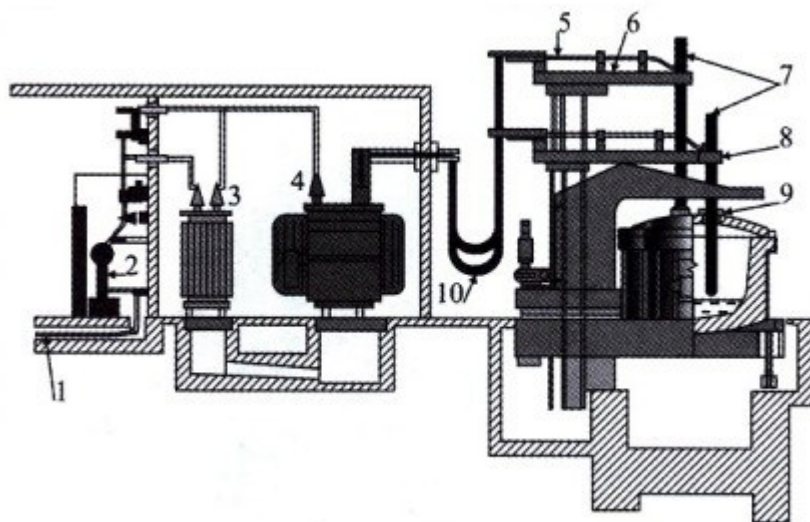
c) Rotační bubnová pec, patří mezi nové typy pecí. Je určena nejen na tavení litiny, ale i barevných kovů. Hlavní výhodou jsou nízké exhalace, investiční náklady a široký sortiment litin. Může být vytápěná plynem (nejvhodněji zemním), nebo odpadními oleji. Energetická náročnost, hlavně u větších pecí je nízká.

d) Energetická oblouková pec (EOP), je méně častým agregátem na tavení litiny. Je určena na tavení oceli. Její výhodou je jednoduchý způsob zavážení a většinou vysoký výkon a kapacita. Umožňuje vysoké přehřátí tekutého kovu a jeho rozsáhlou úpravu přímo v peci.

e) Indukční kanálková pec (s tekutým jádrem) se využívá nejčastěji jako udržovací pec, resp. odlévací pec. Instaluje se v blízkosti odlévací linky, resp. odlévacího pole a má vyšší kapacitu než samotná tavící pec. Využívá se převážně jako duplexní pec, jen jako tavící agregát litiny.

f) Plamenná pec stabilní, patří mezi zastaralé agregáty. Využívá se většinou na přípravu i velkých objemů tekutého kovu (i ocele) při odlévání těžkých odlitků (válce, kokily a další hutnické odlitky). Umožňuje roztavit i vsázku větší kusovosti resp. využít surové železo tekuté přímo z vysokých pecí (prvního tavení). Její nevýhodou je nízké využití energie a tedy zvýšené náklady na energii. Využívá se také ojediněle v hutnických slévárnách

2.5 Elektrická oblouková pec



Obr. 1: Elektrická oblouková pec [11].

Pec je napájena přímo ze sítě vysokého napětí kabelem 1, přes vypínač 2, tlumivku 3 a transformátor 4. U malých pecí je obvykle v jedné nádobě s pecním transformátorem i tlumivka. Tlumivka je zapojena jen v období natavování, aby svým indukčním odporem snižovala kolísání napětí na obloucích i v síti. Pecní transformátor je robustní elektrické zařízení, které krátkodobě snáší až 100% přetížení. Výrobce transformátoru může povolit přetěžování pecního transformátoru např. po dobu 30 min o 50%. Transformátor je obvykle ponořen do transformátorového oleje, který slouží jako chladicí médium. Pro menší výkony mohou být pecní transformátory chlazeny vzduchem.

Vypínače, tlumivka a pecní transformátor jsou umístěny v transformátorové kopce. Z transformátoru je elektrická energie vedena měděnými pásnicemi na vnější stranu transformátorové kopky a dále lany 10 až na ramena držáků elektrod 6. Vlastní elektrody 7 jsou drženy držákem 8. Na ramenu držáku elektrod je proud veden dále měděnými pásnicemi 5. Elektrody prochází víkem pece přes chlazený kroužek elektrod 9.

Rychlost roztavení vsázky závisí především na instalovaném příkonu pecního transformátoru a na schopnosti regulace pece využít instalovaný příkon. Ve slévárnách činí instalovaný příkon pecního transformátoru 300 až 600 kVA/t. Na roztavení tony kovové vsázky se uvažuje s teoretickou spotřebou 380 kWh/t. Skutečná spotřeba na roztavení a ohřátí lázně na 1600°C je až o cca 80 kWh/t vyšší.

Ve slévárnách pracují obvykle EOP o hmotnosti tavby 4 až 20t. Těžké odlitky se vyrábějí ve slévárnách hutních oceláren, které dodávají tekutý kov.

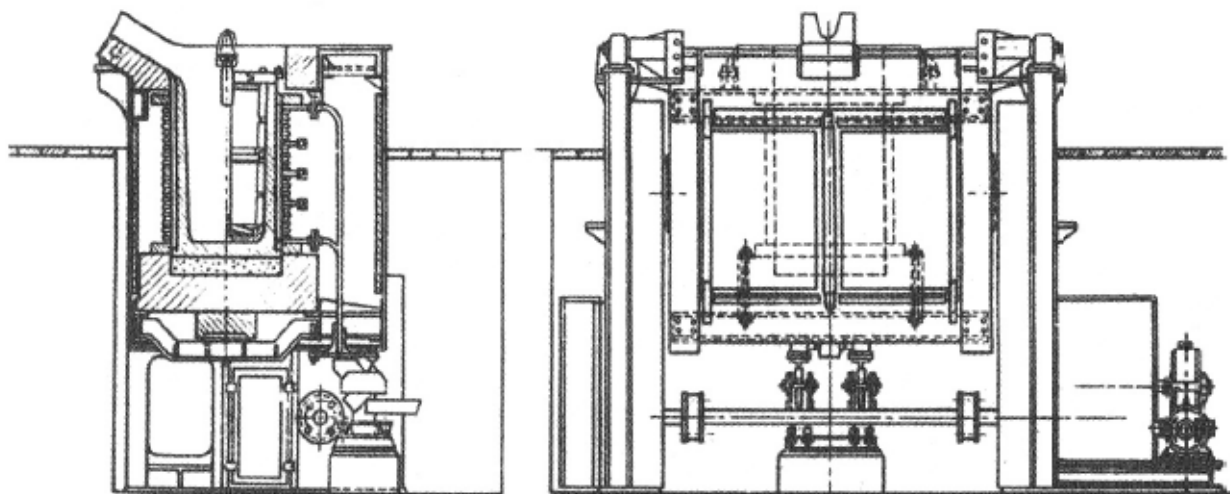
Vyzdívky pecí jsou zásadité nebo kyselé. Výhodou zásaditých pecí vyzděných obvykle magnezitem a chrómmagnezitem je možnost zpracovávat šrot s nezaručeným obsahem fosforu a síry. Je možné vyrábět oceli s velmi nízkým obsahem fosforu (max. 0,010%) a ocel v peci odsířit.

Kyselé pece jsou vyzděny nebo vydusány žáruvzdornými materiály na bázi SiO_2 . Výhodou kyselých pecí jsou nižší zpracovací náklady. V kyselých pecích se neprovádí odfosfoření a odsíření a je nutno pracovat se vsázkou se známým chemickým složením. Ve slévárnách oceli v České republice (ČR) kyselé EOP trvale nepracují.

Teploty v elektrickém oblouku přesahují 3000°C . Ohřev elektrickým obloukem má za následek lokální přehřívání kovu. Po vzniku lázně působí oblouk pouze na povrch lázně, což může mít za následek vysokou teplotní heterogenitu a zhoršené podmínky pro přenos tepla. V elektrickém oblouku dochází disociaci dusíku a vodíku, které se rozpouští v lázni. Vysoké teploty lázně pod obloukem mají rovněž vliv na odpařování některých kovů nebo jejich oxidů. Vyšší obsah dusíku a vodíku v ocelích vyráběných na obloukových pecích se snižuje uhlíkovým varem. Povrch grafitových elektrod při vysokých teplotách oxiduje a zrníčka grafitu padají na hladinu lázně. Zejména při výrobě oceli s nízkým obsahem uhlíku je nutné počítat s nauhličením oceli. Výhodou EOP oproti IP jsou menší nároky na kusovitost a sypnou hmotnost vsázky a možnost měnit chemické složení oceli v širokých mezích [11].

Elektrická oblouková pec vznikla v šedesátých letech minulého století pro tavení tekutého kovu s vysokým obsahem chromu, tedy nerezové oceli [10].

2.6 Elektrická indukční pec



Obr. 2 Elektrická indukční pec[11].

Ve slévárnách oceli se používají z IP výhradně elektrické kelímkové pece. Kanálkové pece používané ve slévárnách litiny se v ocelárnách nepoužívají. Pece pracují zpravidla se střední frekvencí (250 až 600Hz). Pece na síťovou frekvenci jsou ve slévárnách oceli méně časté. S vyšší frekvencí pracují pece s malou hmotností vsázky, používané jako pece laboratorní.

IP jsou napájeny ze sítě vysokého napětí přes pecní transformátor. Z pecního transformátoru je napájen měnič frekvence proudem o napětí obvykle do 6000 V. Elektrický proud je nejprve usměrňován na polovodičových diodách a následně vyhlazen tlumivkou. Potřebná frekvence se vytváří výkonnými tyristory. Řízením tyristorů je možné plynule měnit proudovou frekvenci, kterou je napájen induktor. U pecí starší konstrukce je možné se také setkat s rotačním měničem (motor – generátor středofrekvenčního proudu).

Zdrojem tepla u IP pecí jsou vířivé proudy indukované v kovové vsázce. Středo-frekvenční IP pracují s příkonem 500-1000 kW/t. Pro slévárny přesného lití se staví nejčastěji pece s hmotností tavby 40 až 250 kg, pro ostatní slévárny oceli s 0,5 až 25t.

U pecí na síťovou frekvenci (50Hz) je možné použít s ohledem na rozsah víření lázně maximální příkon cca 300 kW/t. Výrobnost pece závisí především na instalovaném příkonu zdroje. U pecí na síťovou frekvenci pak pracují s tekutým zbytkem. Více než polovina kovu se při odpichu ponechává v peci. Pevná vsázka tvoří za těchto podmínek jen polovinu hmotnosti odlévané tavby a instalovaný výkon se využívá jen na roztavení této hmotnosti.

Měrný elektrický příkon pece v kW/t je pak dvojnásobný a tavení se tím urychlí. Pece o síťové frekvenci se používají více ve slévárnách litiny, kde jsou instalovány pece o hmotnosti 1 až 80t. Význam pecí na síťovou frekvenci klesl s rozvojem polovodičové techniky a následujícím zlevněním měničů frekvence.

Pece na síťovou frekvenci se mohou vyzdívát keramickými tvárnicemi. U středo-frekvenčních pecí se používají výhradně výdusky, neboť případné spáry ve zdivu by u těchto pecí mohly být příčinou proniknutí kovu vyzdívkou kelímku. Pro zhotovení výdusek se používají kyselé dusací hmoty na bázi spinelu $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$ (20% Al_2O_3), případně $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{MgO}$ (30% MgO).

Při výrobě ocelí běžných jakostí a třísměnném provozu činí životnost kyselé výdusky u pecí nad jednu tunu až tři dny. Indukční pece proto bývají stavěny se dvěma kelímky. Jeden kelímek je v provozu, druhý se chladí, bourá, vydusává a zůstává v rezervě.

Středo-frekvenční IP mají nezastupitelnou úlohu tavícího agregátu ve slévárnách přesného lití. Pro odlévání odlitků na strojních formovnách je také dávána přednost indukčním pecím. IP slouží jako agregát k přetavování vsázky. Kromě nauhličení, legování a dezoxidace se během tavby záměrně nemění chemické složení oceli. Výhodou IP oproti EOP jsou nižší zpracovací náklady, nižší pořizovací náklady (při srovnatelné výrobě) a ekologické přednosti (nižší prašnost, nižší hlučnost). Během tavby je kov v kelímku promícháván indukčními proudy. Míchání kovu vytváří v kelímku chemickou a tepelnou homogenitu, což je výhodné pro dosažení úzkého rozmezí chemického složení a odpichových teplot. IP je operativní tavící agregát vhodný pro přerušovaný provoz. U výkonných pecí jsou doby tavby kratší než jedna hodina. Při době odlévání 30 minut jsou schopny dvě IP plynule zásobovat formovací linku tekutým kovem. V indukční peci nedochází k samovolnému nauhličování vsázky, a jsou proto vhodné pro výrobu ocelí s nízkým obsahem uhlíku. V mnoha slévárnách jsou IP jedinou alternativou pro výrobu korozivzdorných ocelí s nízkým obsahem uhlíku [12].

2.7 Technologie apretace odlitků

Po uvolnění a vyjmutí odlitku z formy je potřeba provést dokončovací operace. Čištění a konečná úprava odlitků jsou z hlediska materiálového toku poslední článek výroby odlitků ve slévárně. Provádí se na zařízení na dokončování odlitků a představuje nejnamáhavější operaci, která rozhodujícím způsobem ovlivňuje produktivitu výroby ve slévárnách.

Z hlediska spotřeby energie a pracnosti je pro čištění odlitků typická značná energetická a časová náročnost. Ideálním řešením vedoucím k omezení této spotřeby je nastavení čistírenských operací na minimum. Tomu musí odpovídat technologie výroby tzv. čistých odlitků. Pořadí jednotlivých operací na dokončovacím zařízení je dáno technologií a především druhem materiálu odlitku [11].

Samotné čištění odlitků a jejich konečná úprava je rozdělena do třech dílčích operací [12]:

- hrubé čištění odlitků,
- oddělování vtoků a nálitků,
- apretace.

2.7.1 Hrubé čištění odlitků

K hrubému čištění odlitků slouží omílací bubny, tryskače nebo chemicko-mechanické obrábění povrchu odlitků (kluzné broušení). Omílací bubny se využívají pro čištění drobných odlitků, zejména odlitků z temperované litiny. Omílání zaručuje dosažení velmi kvalitního hladkého povrchu se zaoblenými hranami. Je odstraněn nejen připečený materiál, ale i vrstva oxidů a zateklin [12].

Dalším způsobem čištění je vibrační a odstředivé broušení. Odstředivé broušení je oproti předchozímu vibračnímu broušení výkonnější a používá se pro automatické čištění u slabostěnných i silnostěnných odlitků [12].

Nejužívanější technologií odstraňování nežádoucích povrchových vrstev odlitků je tryskání. Principem tryskání je vrhání velkého množství tuhých částic zrnitého materiálu velkou rychlostí na povrch odlitku. Zrna tryskacího prostředku (abraziva) odrážejí z povrchu odlitku připečený materiál. Rovněž se používá tryskání za sucha, které slouží k odstraňování formovací směsi (např. k odjadřování), nebo jako první stupeň mechanické regenerace. Odlitek se tryskáním uvolní z formy, odjadřuje se a zároveň očistí se povrch. Při tomto procesu se písek mechanicky regeneruje. Tryskání je možno provádět za sucha, tlakovzdušné, dále tryskači s metacími koly či za mokra pomocí vodních tryskačů, taktéž lze provádět chemické čištění.

Způsob tryskání dle koncepce tryskačů je možné dále rozdělit na tryskače kontinuální, dávkové a s kombinovaným způsobem práce [13].

2.7.2 Oddělování vtoků a nálitků

Operace oddělování vtoků a nálitků vtokové soustavy patří k nezbytným operacím, proto se jí věnuje značná pozornost. Použitý způsob a tedy i zařízení závisí především na druhu materiálu odlitků [12].

Vtokovou soustavu spolu s nálitky je možné odstranit operacemi ulamováním a urážením a to ručně kladivem anebo pomocí hydraulického klínu. Tento způsob je využíván u drobných a středně velkých odlitků a odlitků z litiny s kuličkovým grafitem a temperované litiny. Pro odlitky z oceli je běžnější způsob oddělování vtoků a nálitků řezáním. Řezat lze plamenem, plazmou. Dalším způsobem oddělení vtoků a nálitků je využití třískového obrábění (pily okružní, pásové) nebo zařízení pro oddělování tenkým brusným kotoučem [12].

2.7.3 Apretace

Slouží k úpravě tvaru odlitku. Odstraňují se zbytky po vtokách, nálitcích, zatekliny v dělicí rovině, vyboulení, zapečeniny a jiné vady povrchu odlitků vypouklého charakteru [12].

Běžně se používá způsob odstraňování přilnuté formovací směsi ručního čistění. Tento způsob čistění je mnohdy používán ve vysoce mechanizovaných čistírnách k čištění těžko přístupných koutů, kde nešlo formovací směs připečenou k odlitku odstranit mechanickým čistěním. Tyto operace se většinou provádí osekáváním (pneumatický sekáč) nebo dobrušováním. Ručně se opracovávají odlitky o hmotnosti do 15 kg. Brousí se ručně na stojanových bruskách. Důležitá je volba druhu brusného kotouče. Měkké kotouče se velmi rychle opotřebují, u tvrdých kotoučů je však nutno vynaložit větší přítlak. Pracoviště ruční apretury je vhodné uspořádat do výrobních buněk nebo kombinovaná pracoviště. Poté je docíleno úspory manipulace [13].

Druhým způsobem čistění odlitků je jejich mechanické čistění s využitím čistících strojů. Mechanické čistění je možné provádět za sucha či za mokra [13].

K broušení se používají různé druhy brusek – ruční brusky, stojanové brusky, kyvadlové nebo pásové. Další možností je využití automatických brousících strojů a jiných ATP, brousící a leštící buňky, které jsou vybaveny průmyslovými roboty pro manipulaci s odlitky [12].

2.8 PROJEKT XII

Řešitelský kolektiv odborné komise ekonomické (OK) při České slévárenské společnosti (ČSS) v PROJEKTU XII (PXII) navazuje na předchozí projekty, které byly dříve řešeny. Na řešení PXII se podílelo pět českých sléváren - DSB EURO, s.r.o. Blansko, KRÁLOVOPOLSKÁ SLÉVÁRNA, s.r.o. Brno, Slévárna a modelárna Nové Ransko, s.r.o., Slévárny Třinec, a.s., BRELAMOS s.r.o., Ostrava, společnost TECHCONSULT, s.r.o. a diplomanti a doktorandi z VŠB-TU Ostrava, fakulty FMMI [14].

Cílem PXII bylo vyvinutí metodiky nákladového hodnocení apretace odlitků, ověření postupů, stanovení neúplných vlastních nákladů (NVN) na apretaci, vzájemné srovnání sléváren a hledání možností nákladové redukce [14].

2.9 Cíl diplomové práce

Cílem této diplomové práce je na základě dat poskytnutých slévárnami posoudit nákladovou a energetickou náročnost dvou hlavních výrobních fází procesu výroby odlitku. Porovnává se tekutý kov nutný k výrobě odlitků. Je známo, že náklady na výrobu tekutého kovu tvoří cca 40 až 60 % z neúplných vlastních nákladů celého odlitku. A dále apretace odlitků – tedy závěrečné fáze dohotovení odlitku. Dalším cílem je provést srovnání náročností apretace odlitků z LKG, LLG a oceli. Cílem je zhodnotit nákladovost a energetickou náročnost výroby odlitků a navrhnout opatření pro nákladovou redukci. V závěru práce navrhnout postup dalšího šetření.

3 POSOUZENÍ NÁKLADOVÉ NÁROČNOSTI TEKUTÉHO KOVU A APRETACE ODLITKŮ

Proces výroby odlitků se rozděluje na 4 hlavní výrobní fáze: výroba tekutého kovu, příprava formovacích hmot, výroba forem a apretace odlitků [14].

Tato diplomová práce se věnuje dvěma hlavními fázím výroby odlitku: výrobě tekutého kovu a apretaci odlitků.

Výroba tekutého kovu byla zajišťována ve slévárně EUROCAST ve Slovenské republice.

3.1 Analýza výroby tekutého kovu

Zkoumaná slévárna EUROCAST Košice s.r.o. nabízí široký sortiment výroby různých typů odlitků a materiálů s použitím moderních technologií. Má široké uplatnění především v odvětvích jako jsou energetika, hutnictví, strojírenství, stavební, železniční a automobilový průmysl. Je orientována na výrobu odlitků z oceli, litiny s kuličkovým a lupínkovým grafitem.

Společnost se skládá ze dvou sléváren a jedné modelárny. Součástí slévárny 1 je automatická formovací linka, která vyrábí formy z bentonitové formovací směsi. Tvarové odlitky jsou do hmotnosti 150 kg z LLG a LKG.

Slévárna 2 je vybavena strojním a ručním formováním. Strojní formování používá bentonitové formovací směsi pro odlitky hmotnosti 1 až 100 kg. Ruční formování využívá furanové samo tvrdnoucí směsi pro odlitky od hmotnosti 10 kg do 6 000 kg.

Modelárna vyrábí modelové zařízení pro slévárnu. [15].

3.1.1 Analýza poskytnutých dat

Vstupní data poskytnuta slévárnou byla čerpána z 33 tavebních listů dvou tavičů (tavič A, tavič B) [15]. Tavební listy této společnosti byly specifické v tom, že obsahovaly ceny jednotlivých komponent u tavby použitých (většinou tavební listy tyto oceněné položky neobsahují). Na základě toho byly vypočteny náklady v tabulkovém procesoru EXCEL. Tyto náklady byly uvedeny v Eurech (€). Každá tavba byla zapsána tavičem do tavebního listu.

Tavební list obsahuje tyto náležitosti:

- datum a čas tavby,
- typ a hmotnost pece,
- jméno vedoucího a taviče,
- jakost tekutého kovu.

Dále je v tavebním listě zaznamenáno:

- množství vsázky (kg/t, €/t),
- množství kovových a nekovových přísad (€/tavbu),
- hmotnost tekutého kovu (kg/tavbu),
- spotřeba elektrické energie (kWh/t),
- časový průběh tavby (min/tavbu),
- spotřeba grafitových elektrod (kg/tavbu),
- provedené chemické analýzy.

S těmito daty bylo následně pracováno v počítačovém programu Excel. Kalkulační jednotkou byla stanovena 1 tuna tekutého kovu. Tedy v každém tavebním listu jsou dle modelu slévárny automaticky stanoveny náklady na tavbu. Po sběru dat následovalo sestavení nákladového modelu podle výše uvedené metody neúplných vlastních nákladů (NVN).

Pro účel této diplomové práce byla použita data pro výrobu LKG jakosti GJS-400-18LT vyrobené v EOP [15]. Pracovalo se s údaji v eurech (€), které byly následně převedeny na částky v Českých korunách (CZK) a to dle aktuálního směnečného kurzu České národní banky ze dne 10. 2. 2013. Jehož výše byla 25,240 Kč/€.

3.2 Stanovení neúplných vlastních nákladů výroby tekutého kovu

Neúplné vlastní náklady se skládají z materiálových a zpracovacích nákladů.

Materiálové náklady zahrnují náklady na vsázku, které zahrnují ocelový šrot, litinový vratný materiál, surové železo (viz vzorec 1), dále kovové přísady (FeSi 75%, Cu-dráty, ocelový šrot) a na nekovové přísady (CARBOLUX GKA, DESUCLCO, vápno a kazivce).

Zpracovací náklady představují peněžně oceněnou spotřebu grafitových elektrod, osobní náklady, opotřebení vyzdívky víka a pece a náklady na spotřebu elektrické energie.

Příklad výpočtu materiálových nákladů - náklady na vsázku

1. Výpočet nákladů jednotlivých položek (ocel, šrot, litinový vratný materiál, surové železo)

$$n_p = P_p * m_p \text{ (€/t)} \dots\dots\dots(1)$$

2. Přepočet na tunu tekutého kovu

$$N_p = n_p / m_{tk} \text{ (€/t)} \dots\dots\dots(2)$$

Kde n_p ... náklady na vsázkovou položku (€/tavbu),

P_p ... cena za jednotku položky (€/t),

m_p ... hmotnost položky (kg/tavbu),

N_p ... náklady na položku (€/t),

m_{tk} ... hmotnost tekutého kovu (t/tavba).

Vsázka = ocelový šrot + litinový vratný materiál + surové železo

Z uvedeného vyplývá, že NVN jsou součtem materiálových a zpracovacích nákladů.

$$NVN = \sum \text{materiálové} + \sum \text{zpracovací náklady} \dots\dots\dots(\text{€/tavbu})$$

$$NVN = \sum \text{materiálové} + \sum \text{zpracovací náklady} \dots\dots\dots(\text{€/t})$$

3.3 Stanovení energetické náročnosti výroby tekutého kovu

Energetická náročnost je stanovena jako součet všech energií spotřebovaných na danou výrobní fázi. Toto stanovení energetické náročnosti můžeme provést v zásadě dvěma přístupy.

Prvním je, že pracujeme pouze s energiemi, které se přímo spotřebovávají na danou výrobní fázi. Tedy přímo vykázaná spotřeba kupříkladu tavicí elektrické energie, energie na výrobu stlačeného vzduchu, na spotřebu plynného kyslíku, manipulaci, apod.

Druhý přístup je ten, že ke spotřebě přímé energie (viz první pojetí) připočítáme spotřebu energie přímo nevykázanou. Kupříkladu u spotřeby kovových přísad, které v prvním přístupu vůbec energeticky neoceňujeme, počítáme s vynaloženou spotřebou energií na jejich výrobu. Stejně tak pracujeme se surovým železem, apod. Druhý přístup je samozřejmě komplexnější a výsledek má větší vypovídací hodnotu.

V této diplomové práci, poněvadž se jedná o úvodní práci v této oblasti, jsme pracovali s přístupem prvním.

Výpočet spotřeby všech energií (v kWh) za všechny fáze výroby tekutého kovu se stanoví součtem energií v dílčích výrobních fázích vynásobením instalovaného příkonu zařízení koeficientem (podíl skutečného výkonu k instalovanému příkonu) a dobou provozu daného zařízení (viz vzorec 3).

Příklad výpočtu spotřeby elektrické energie (energetické náročnosti)

$$N_{el} = n_{el} / m_{tk} \text{ (€/t)} \dots\dots\dots(3)$$

Kde N_{el} ... specifická spotřeba elektrické energie (kWh/t),
 n_{el} ... spotřeba elektrické energie za tavbu (kWh/tavbu),
 m_{tk} ... hmotnost tekutého kovu (t/tavba).

3.4 Analýza výrobní fáze apretace odlitků

Vycházíme z předpokladů, které stanovil PXII [14], na základě kterých byla hlavní výrobní fáze apretace odlitků dělena na výrobní fáze.

Výrobní fáze apretace odlitků se dělí na:

- A. Transport a odstranění zbytků formovacích směsí.
- B. Mechanické čištění (tryskání) I., II., III., IV., atd.
- C. Tepelné zpracování I., II., III., IV., atd.
- D. Odstranění nálitků a vtokové soustavy (odřezání, upalování, urážení, apod.)
- E. Úprava plochy po odstranění nálitků a vtokové soustavy, hrubé broušení
- F. Odstraňování vad I. II., atd.
- G. Zavařování vad I. II., atd.
- H. Jemné broušení
- I. Zažehlování svárů
- J. Broušení svárů vad

Každá výrobní fáze je označována písmeny (A-J) a opakování dané výrobní fáze v apretaci je označeno římskými číslicemi (I, II, III, IV, atd.).

Dané výrobní fáze se dále dělí na dílčí výrobní fáze:

A. Transport a odstranění zbytků formovacích směsí:

A.1 Přeprava odlitku do čistírny

A.2 Odstranění zbytků formovacích směsí na odlitku

B. Mechanické čištění (tryskání):

B.1 Přeprava odlitku do tryskacího zařízení

B.2 Tryskání odlitku

B.3 Přeprava odlitku z tryskacího zařízení

C. Tepelné zpracování (TZ):

C.1 Příprava odlitku k TZ

C.2 Tepelné zpracování

C.3 Přeprava odlitku po TZ

D. Odstranění nálitků a vtokové soustavy (odřezávání, upalování, urážení, apod.):

D.1 Přeprava odlitku k odstranění nálitků a vtokové soustavy

D.2 Příprava a manipulace s odlitkem

D.3 Odstranění nálitků a vtoků, čištění (odstranění strusky)

D.4 Přeprava odlitku po odstranění nálitků a vtokové soustavy

D.5 Úklid odstraněných částí

E. Úprava plochy po odstranění nálitků a vtokové soustavy, hrubé broušení:

E.1 Přeprava odlitku k broušení

E.2 Příprava a manipulace s odlitkem

E.3 Hrubé broušení

E.4 Přeprava odlitku po broušení

F. Odstraňování vad (drážkování, broušení, vypalování, přebrušování, apod.):

F.1 Přeprava odlitku k odstranění vad

F.2 Příprava a manipulace s odlitkem

F.3 Drážkování, vypalování, broušení, čištění (odstranění strusky)

F.4 Přeprava odlitku po odstranění vad

G. Zavařování vad:

G.1 Přeprava odlitku k zavařování

G.2 Příprava a manipulace s odlitkem

G.3 Zavařování vad

G.4 Přeprava odlitku po zavařování

H. Jemné broušení:

H.1 Přeprava odlitku k broušení

H.2 Příprava a manipulace s odlitkem

H.3 Jemné broušení

H.4 Přeprava odlitku po broušení

I. Zažehlování svárů vad:

I.1 Přeprava odlitku k zažehlování svárů

I.2 Zažehlování

I.3 Přeprava odlitku po zažehlování

J. Broušení svárů:

J.1 Přeprava odlitku k broušení

J.2 Příprava a manipulace s odlitkem

J.3 Broušení

J.4 Přeprava odlitku po broušení

V projektu PXII [14] se pracovalo se souborem 21 odlitek, vyrobených z oceli, LLG a LKG:

- Odlitky z oceli (O.1 –O.10) s hrubou hmotností od 805 kg do 1530 kg,
- Odlitky z LLG (O.11 – O.20) s hrubou hmotností od 84 do 27 900 kg,
- Odlitek z LKG (O.21) s hrubou hmotností 118 kg.

Tab. 2: Souhrnný přehled odlitek [15]

	Materiál	Označení	Název	Slévárna
ř./sl.	1	2	3	4
1	Ocel	O.1	Dno kbelíku	Slévárny Třinec, a.s.
2		O.2	Planetenberger	
3		O.3	Kolo	
4		O.4	Náboj 1	KRÁLOVOPOLSKÁ SLÉVÁRNA, s.r.o.
5		O.5	Náboj 2	
6		O.6	Guide bearing house 1	BRELAMOS, s.r.o.
7		O.7	Thurst bearing house 1	
8		O.8	Thurst bearing house 2	
9		O.9	Thurst bearing house 3	
10		O.10	Guide bearing house 2	
11	LLG	O.11	Skříň 1	Slévárna a modelárna Nové Ransko, s.r.o.
12		O.12	Skříň 2	
13		O.13	Tischgehaue	
14		O.14	Těleso ZETA	
15		O.15	Odlitek 1	DBS EURO s.r.o.
16		O.16	Odlitek 2	
17		O.17	Příčník	
18		O.18	Lože	
19		O.19	COPPA OLIO	Slévárny Třinec, a.s.
20		O.20	KARTER	
21	LKG	O.21	Laterne	Slévárna a modelárna Nové Ransko, s.r.o.

3.5 Stanovení neúplných vlastních nákladů apretace odlitek

Nákladový model je sestaven na základě metody kalkulace neúplných vlastních nákladů (NVN). Bere v úvahu jen ty náklady, které přímo souvisí s apretací odlitek a jsou výrobním střediskem přímo ovlivnitelné. Náklady jsou vždy stanoveny na určitou kalkulační jednici pomocí kalkulačního vzorce [14].

Kalkulační vzorec NVN apretace odlitků [14]:

A. MATERIÁLOVÉ NÁKLADY

- voda,
- abraziva (např. broky),
- písek,
- zavařovací elektrody,
- brousící kotouče atd.

B. ZPRACOVACÍ NÁKLADY

- energie,
- osobní náklady atd.

C. NEÚPLNÉ VLASTNÍ NÁKLADY APRETACE ODLITKŮ

NVN tvoří součet nákladových položek, nákladů jak materiálových, tak i zpracovacích. Dle konkrétních podmínek je možno do vzorce zahrnout i další komponenty. Stejně tak je možné některé komponenty nezahrnout [14].

3.6 Stanovení energetické náročnosti apretace

Energetická náročnost je stanovena jako součet všech energií na danou výrobní fázi. Toto stanovení energetické náročnosti můžeme provést v zásadě dvěma přístupy.

V této diplomové práci, poněvadž se jedná o úvodní práci v této oblasti, pracoval jsem stejně jako při výrobě tekutého kovu s přístupem prvním, tzn., že pracujeme pouze s energiemi, které se přímo spotřebovávají na danou výrobní fázi. Tedy přímo vykázaná spotřeba kupříkladu tavicí elektrické energie, energie na výrobu stlačeného vzduchu, na spotřebu plynného kyslíku, manipulaci, apod. Dále energii na apretační úkony (tryskání, sekání, pálení, atd.).

Energetická náročnost zahrnuje elektrickou energii vynaloženou na převoz a manipulaci s odlitkem, provoz zařízení, které provádí operace apretace (jeřáb, manipulační technika, nebo jiná elektrická zařízení). Dále zahrnuje energii médií (zemní plyn, směsný plyn, acetylen, stlačený vzduch a kyslík). Ke spotřebě médií dochází při provozu zařízení, které je pro danou operaci nebo pro jejich chod nezbytná. V daném případě však nezapočítáváme další energie

tzv. skryté (např. energii vynaloženou na výrobu zavařovacích elektrod).

Výpočet spotřeby všech energií (v kWh) za všechny výrobní fáze výroby tekutého kovu se stanoví součtem energií v dílčích výrobních fázích vynásobením instalovaného příkonu zařízení koeficientem (podíl skutečného výkonu k instalovanému příkonu) a dobou provozu daného zařízení.

Příklad výpočtu energetické náročnosti apretace na odlitku (viz Příloha I.)

Spotřeba elektrické energie fáze A:

1. Naměřená spotřeba elektrické energie při převozu odlitku do čistírny je rovna 0,0225 kWh (viz Dotazník O.21, ř. 6, sl. 6). Tato hodnota charakterizuje energii vynaloženou na tento převoz.
2. Spotřeba se stanoví vynásobením instalovaného příkonu zařízení (jeřáb) příslušným koeficientem (který stanovuje skutečný výkon) a dobou jeho provozu:

Jeřáb: Instalovaný příkon – 1,5 kW (viz Dotazník O.21, ř.3, sl. 6),
koeficient 0,3 (viz Dotazník O.21, ř.4, sl.6), doba provozu 3 min (viz Dotazník O.21, ř.5, sl.6).

Zcela identický je postup výpočtu spotřeby energie všech zařízení i veškeré manipulace všech výrobních fází apretace odlitku (A – H).

Výpočet energetické náročnosti apretace odlitků nese určitá specifika ve výpočtu použitých médií (zemní plyn, směsný plyn, acetylen, stlačený vzduch, kyslík). Tyto přepočty médií byly převzaty z [16].

4 ZÍSKANÉ VÝSLEDKY NÁKLADOVÉ A ENERGETICKÉ FÁZE VÝROBY TEKUTÉHO KOVU A APRETACE

4.1 Stanovení neúplných vlastních nákladů výroby tekuté LKG a hodnot energetické náročnosti

S pomocí naznačené metodiky byly stanoveny NVN pro soubory taveb dvou tavičů. Tavič A pracoval s průměrnými NVN 13 665 Kč/t. Tavič B vykazoval průměrné náklady 13 695 Kč/t. Pro naše potřeby jsme použili průměrnou hodnotu - 13 680 Kč/t tekutého kovu. Pro stanovení energetické náročnosti tekutého kovu používáme první přístup a vycházíme tedy pouze ze spotřebované tavicí elektrické energie. Opět postupujeme stejným postupem jako u stanovení nákladové náročnosti. Tavič A vykazovat průměrnou spotřebu elektrické energie 720 kWh/t. Tavič B pracoval s průměrnou spotřebou elektrické energie 767 kWh/t. Byla tedy významně vyšší než u taviče A, téměř o 50 kWh/t. Vypočítáváme opět průměrnou spotřebu elektrické energie u obou souborů. Ta činí 744 kWh/t tekutého kovu.

4.2 Stanovení neúplných vlastních nákladů apretace odlitku z LKG a hodnoty energetické náročnosti

Pro porovnání obou náročností byl zvolen odlitek ze Slévárny a modelárny Nové Ransko, s.r.o. Tento odlitek označený jako O. 21 (s názvem Laterne) o hmotnosti 147 kg měl v práci [10] stanovenou nákladovou náročnost ve výši 762,9 Kč. V měrných jednotkách to pak činí 5190 Kč/t hrubé hmotnosti odlitků.

Stanovení energetické náročnosti je provedeno - jak bylo výše popsáno souhrnem všech přímých energií na apretaci. V daném případě se jednalo o energie na:

- převoz a manipulaci s odlitkem,
- spotřebovaná energie na tryskání odlitku,
- odřezávání nálitků a vtoků,
- energie spotřebovaná na broušení (stlačený vzduch, elektrická energie),
- spotřeba elektrické energie při zavařování vad,
- spotřeba směsného a zemního plynů při tepelném zpracování.

Uvedeným postupem byla vypočtena celková spotřeba přímé energie (nebo-li energetická náročnost podle prvního přístupu) ve výši 222,3 kWh/odlitek. Vezmeme-li do úvahy, že jeden kus odlitku má hmotnost 147 kg pak měrná energetická náročnost činí 1512 kWh/t odlitků. Vzhledem k tomu, že energetickou a nákladovou náročnost na apretaci u odlitků z LKG jsme stanovili poprvé a dosud nemáme potřebné srovnání. Provedeme porovnání s energetickou náročností u LLG a oceli.

4.2.1 Nákladová a energetická náročnost apretace odlitků z LLG, LKG a oceli

Tab. 3: Porovnání nákladové a energetické náročnosti u odlitků z LLG, LKG a oceli

	Odlitek			Náročnost	
	litina	označení	hmotnost	NVN	EN
		jednotky	[t]	[Kč/t]	[kWh/t]
ř./sl.	1	2	3	4	5
1	Ocel	O.1	1,05	6915	7442
2		O.2	0,955	8974	16842
3		O.3	0,805	5060	2101
4		O.4	0,905	9751	139
5		O.5	0,905	3560	64
6		O.6	1,538	8471	127
7		O.7	1,165	1945	87
8		O.8	1,165	5676	64
9		O.9	1,165	13117	118
10		O.10	1,538	1865	32
11	LLG	O.11	0,089	4865	191
12		O.12	0,136	3566	132,4
13		O.13	0,141	3887	156
14		O.14	0,878	1413	275,6
15		O.15	4,64	1207	136,4
16		O.16	3,4	1570	177,9
17		O.17	27,9	1540	132,5
18		O.18	0,56	4982	401,8
19		O.19	0,127	6205	157,5
20		O.20	0,084	4893	119,4
21	LKG	O.21	0,147	5190	1512

Z tab. 4 je zřejmé, že posuzovaný odlitek z LKG se hmotnostně v zásadě zařazuje mezi sledované odlitky z LLG v PXII. Jeho měrná nákladová náročnost 5190 Kč/t také v prvním přiblížení zcela významně „nevybočuje“ ze souboru odlitků z LLG. Jejich nákladovost se pohybuje od 1207 Kč/t (viz O. 15) až po 6205 Kč/t (O. 19).

Zcela odlišná je situace u energetické náročnosti. EN u odlitku O. 21 činí vzpomínaných 1512 kWh/t, což se zcela zásadně vymyká souboru odlitků z LLG (od 119,4 kWh/t až po 401,8 kWh/t).

Následně jsme se zaměřili na porovnání energetické náročnosti odlitku z LKG s ocelovými odlitky. Dle tab. 4 činí energetická náročnost pro odlitky O. 1 – O. 5, 7442, 16842, 2101, 139 a 64 kWh/t. Tyto odlitky prošly všemi fázemi apretace (stejně jako posuzovaný odlitek z LKG O. 21). Je třeba dodat, že jejich hmotnost se pohybovala od 805 kg do 1050 kg. Je tedy zřejmé, že stanovená energetická náročnost odlitku O. 21 se již těmito hodnotám v prvním odhadu přibližuje.

Podobně jsme hodnotili i nákladovou náročnost těchto ocelových odlitků apretace. Ta činila 6915 Kč/t, 8974, 5060, 9751 a 3560 Kč/t. Opět můžeme konstatovat, že odlitek O. 21 se svými 5190 Kč/t se může spíše řadit do tohoto souboru.

Můžeme tedy konstatovat, že úvodní orientační srovnání odlitků na apretaci z obou litin udává pro nákladovou náročnost jistou podobnost. U náročnosti energetické se však odlitek z LKG zcela vyděluje.

Odlitek z LKG ve své apretační oblasti lze spíše formálně „přiřadit“ k odlitkům ocelovým.

Následně se již můžeme zaměřit na závěrečné porovnání náročností tekuté fáze apretace.

4.2.2 Porovnání náročnosti tekuté fáze a apretace při výrobě odlitků

Pro závěrečné hodnocení porovnání nákladové a energetické náročnosti tekutého kovu pro odlitek z LKG a jeho apretaci jsou soustředěny údaje v tab. 4. Z ní vyplývá, že náklady na jednu tunu tekutého kovu LKG činí 13 680 Kč (ř. 1 sl. 4). Naproti tomu náklady na apretaci jedné tuny odlitků činí 5 190 Kč (ř. 3, sl. 4). Je tedy nákladovost na tavení této litiny více než 2,6 krát vyšší.

Když porovnáváme zdánlivě srovnatelné jednotky (jednu tunu tekutého kovu a jednu tunu hrubé hmotnosti odlitků) tak si klademe otázku, zda jsou skutečně obě hodnoty porovnatelné. Musíme si být vědomi, že na tunu hrubé hmotnosti odlitků musíme vytavit více než tunu

tekutého kovu. Je třeba uvažovat i s nálitky, kovem na lící soustavu a další ztráty. Musíme vzít v úvahu jistou minimální předváhu. Zvolme si ji opět v prvním přiblížení jako 1,2 kg tekutého kovu/kg surové hmotnosti odlitků. Pak dojde k navýšení nákladů a samozřejmě i EN. Tyto hodnoty jsou uvedeny v tab. 4 (ř. 2, sl. 4,5).

Tab.4: Porovnání hodnot obou náročností u výrobních fází

	Litina	Výrobní fáze	Upřesnění	Náročnost	
				Nákladová	Energetická
				Kč/t	kWh/t
ř./sl.	1	2	3	4	5
1	LKG	Tekutý kov	na žlábků	13680	744
2			na odlitek	16416	893
3		Apretace	na odlitek	5190	1512
4	LLG			3412	188
5	Ocel			6852	6173

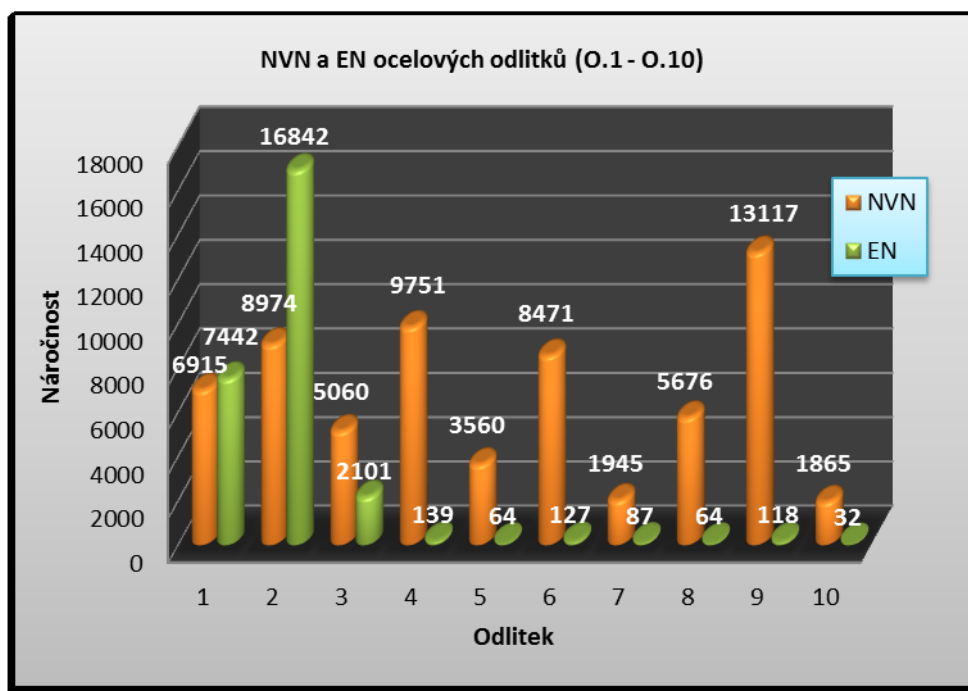
Můžeme tedy uzavírat, že náklady na tavení tekuté LKG činí 16 416 Kč/1 t odlitku. Srovnatelné náklady na apretaci jsou vzpomínaných 5190 Kč/t hrubé hmotnosti odlitku (ř. 3, sl. 4). Nákladová náročnost výroby srovnatelné tekuté fáze je tedy 3,16 krát vyšší.

U náročnosti energetické jsou poměry zcela odlišné. Na srovnatelnou hmotnost tekutého kovu (1,2 t) se musí vynaložit 893 kWh (ř. 2, sl. 5) v tab 4. Naproti tomu energetická náročnost 1 t hrubé hmotnosti apretovaného odlitku činí 1512 kWh (ř. 3, sl. 5). Je tedy u apretace vyšší cca 1,7 krát vyšší oproti tekutému kovu.

V ř. 4, a ř. 5 jsou uvedeny pro doplnění průměrné odpovídající hodnoty na apretaci pro 10 odlitků z LLG a 5 odlitků z oceli. Naznačují, že pro průměrnou nákladovou náročnost se odlitek z LKG spíše blíží souboru ocelových odlitků. U EN je odlitek z LKG od odlitků z LLG řádově odlišný a v prvním přiblížení jej můžeme spíše přiřadit k odlitkům ocelovým.

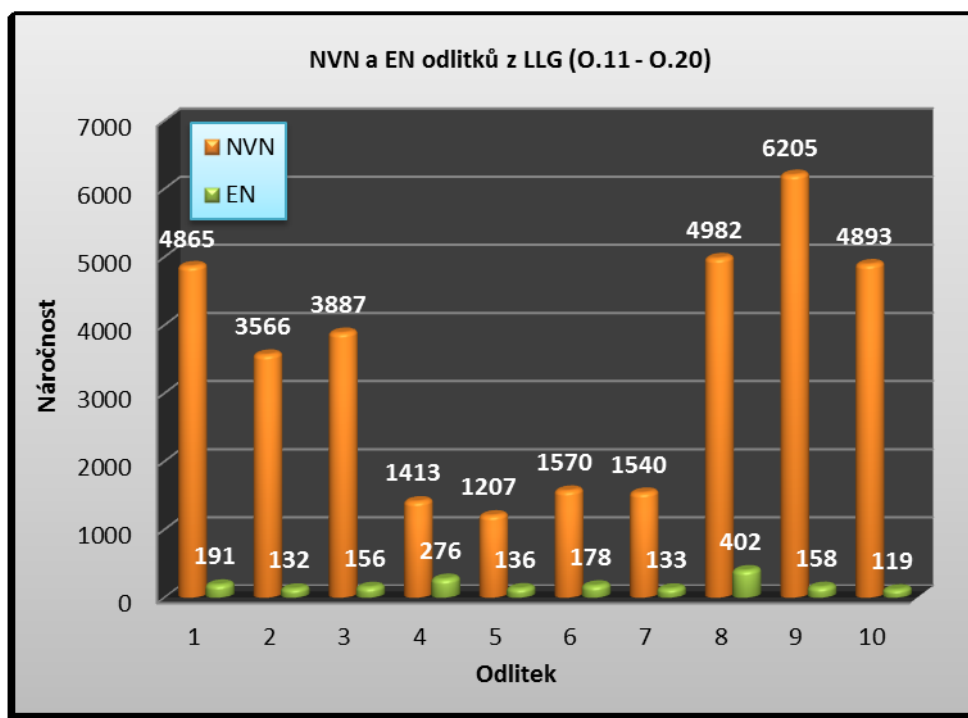
Následně jsou v grafické podobě vyjádřeny zjištěné výsledky.

Obr. 1: Nákladová a energetická náročnost apretace ocelových odlitků



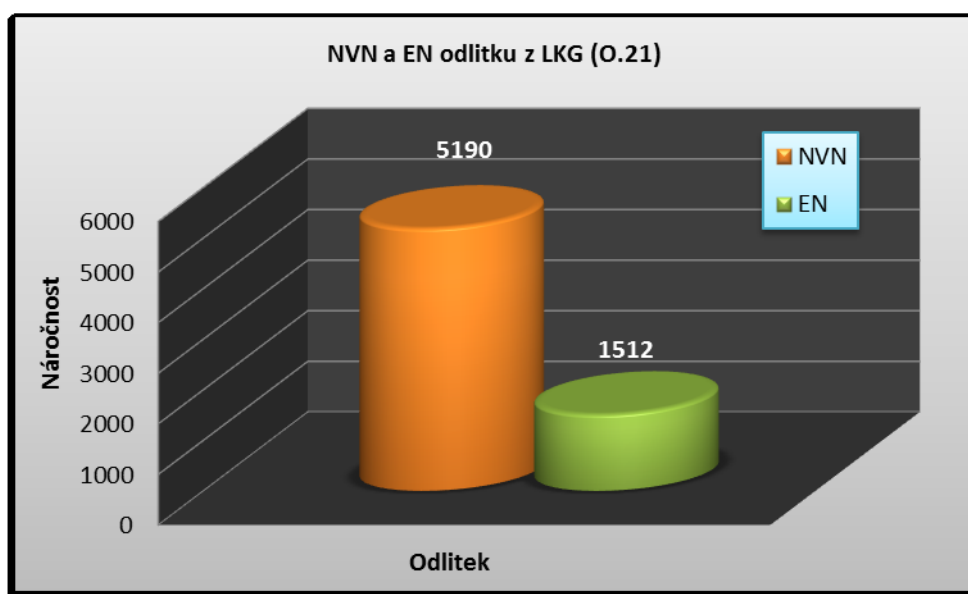
Na obr. 1 sledujeme nákladovost apretace pro NVN (modré sloupce) a EN (červené sloupce) pro soubor ocelových odlitků (O.1 – O.10). Je patrné, že O.1 a O.2 se vymyká ze souboru ostatních odlitků tím, že u nich jsou vyšší hodnoty na energetické náročnosti. U zbytku odlitků u oceli (O.3 - O.10) jsou hodnoty EN velice nízké. Průměrná hodnota nákladové náročnosti apretace ocelových odlitků činí 6533,4 Kč/t. Průměr energetické náročnosti apretace ocelových je 2701,6 kWh/t.

Obr. 2: Nákladová a energetická náročnost apretace odlitků z LLG



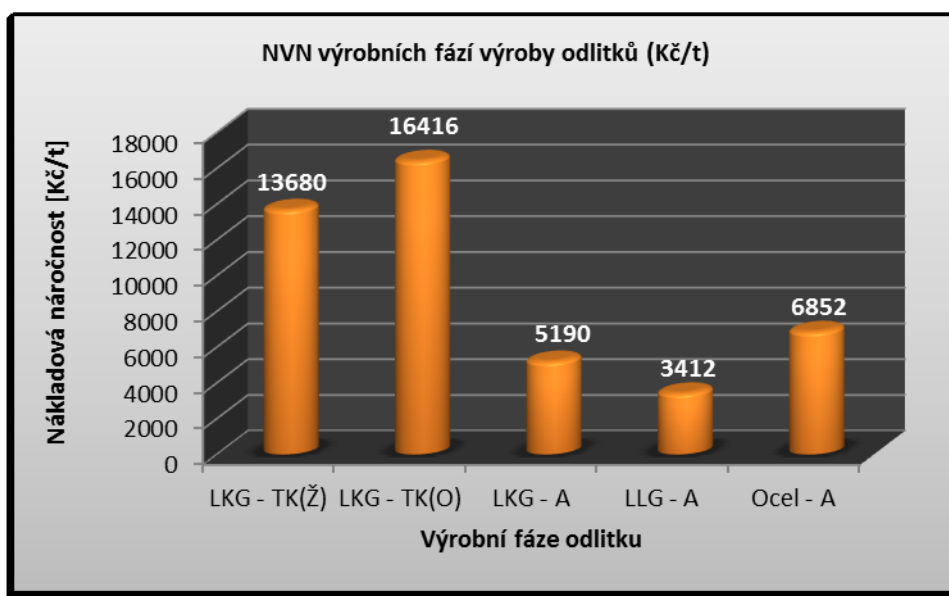
Z obr. 2, který hodnotí nákladovost apretace odlitků z LLG (O.11 – O.20) můžeme konstatovat, že hodnoty nákladové náročnosti jsou řádově vyšší než hodnoty energetické náročnosti. Průměrná hodnoty NVN apretace odlitků z LLG je rovna 3412,8 Kč/t. U energetické náročnosti je průměrná hodnota 188,05 kWh/t.

Obr. 3: Nákladová a energetická náročnost apretace odlitků z LKG



Obr. 3 reprezentuje pouze jeden odlitek z LKG (O.21). Tento odlitek můžeme charakterizovat vyšší hodnotou nákladové náročnosti apretace než u náročnosti energetické. Neúplné vlastní náklady činí 5190 Kč/t apretovaných odlitků, což je více než 3krát vyšší hodnota než hodnota energetické náročnosti apretace (1512 kWh/t apretovaných odlitků).

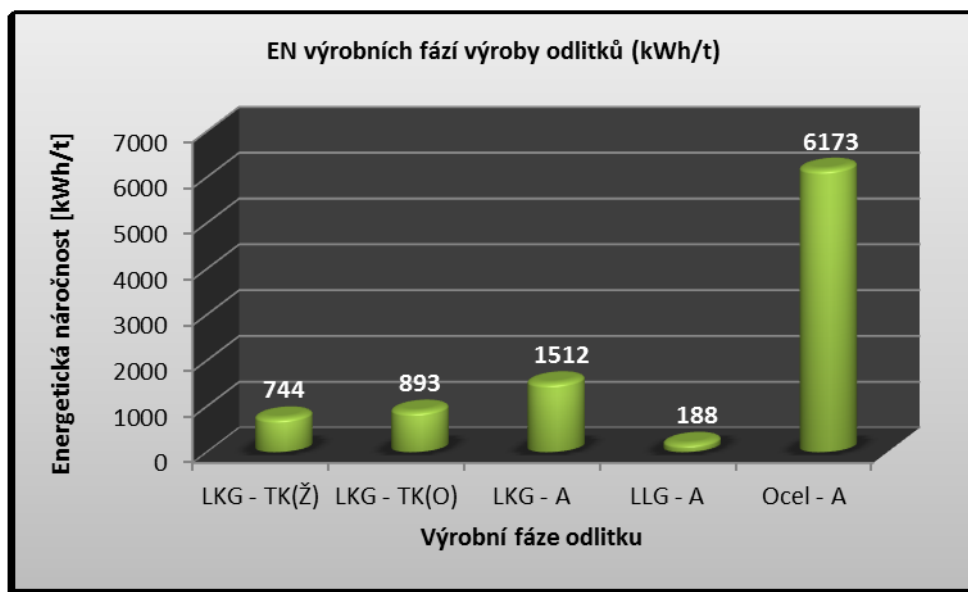
Obr. 4: Souhrnné porovnání nákladové náročnosti obou výrobních fází



Kde	LKG – TK(Ž)	...	výroba LKG na žlábků
	LKG – TK(O)	...	výroba LKG na odlitek
	LKG – A	...	apretace LKG
	LLG – A	...	apretace LLG
	Ocel – A	...	apretace ocelových odlitků

Obr. 4 představuje souhrnné porovnání nákladové náročnosti dvou hlavních výrobních fází výroby odlitku. Z uvedeného se jeví vyšší nákladová náročnost fáze výroby tekutého kovu než nákladovost fáze apretace. Konkrétně náklady na tavení LKG na odlitek (16414 Kč/t) jsou několikrát vyšší než nákladová náročnost fáze apretace LKG (5190 Kč/t), LLG (3412 Kč/t) i ocelových odlitků (6852 Kč/t). Dále se jeví, že NVN na apretaci se zásadně neliší u souboru odlitků z LKG, LLG i ocelových odlitků.

Obr. 5: Souhrnné porovnání energetické náročnosti obou výrobních fází

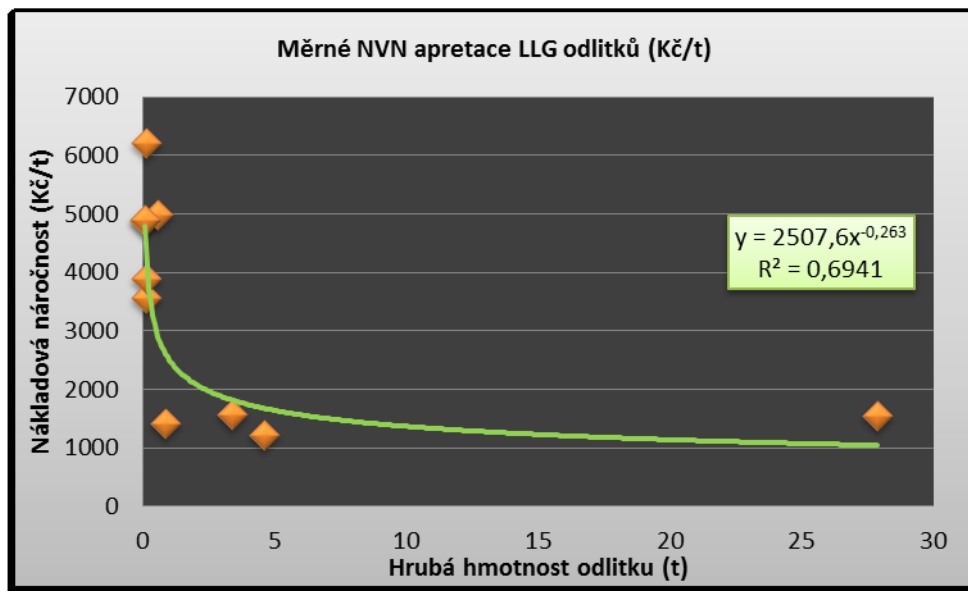


Obr. 5 představuje porovnání energetické náročnosti dvou hlavních fází výroby odlitků. Z uvedeného vyplývá, že apretace ocelových odlitků (6173 kWh/t) je významně vyšší než ostatní fáze výroby odlitků. Dále je patrný velký rozdíl v energetické náročnosti apretace odlitků pro různé materiály. Energetická náročnost apretace LLG činí 188 kWh/t, což je hodnota 8krát nižší než při apretaci odlitků z LKG (1512 kWh/t), které jsou opět 4krát nižší než již výše uvedená hodnota pro ocelové odlitky (6173 kWh/t).

4.2.3 Porovnání nákladové a energetické náročnosti apretace v závislosti na hmotnosti odlitku

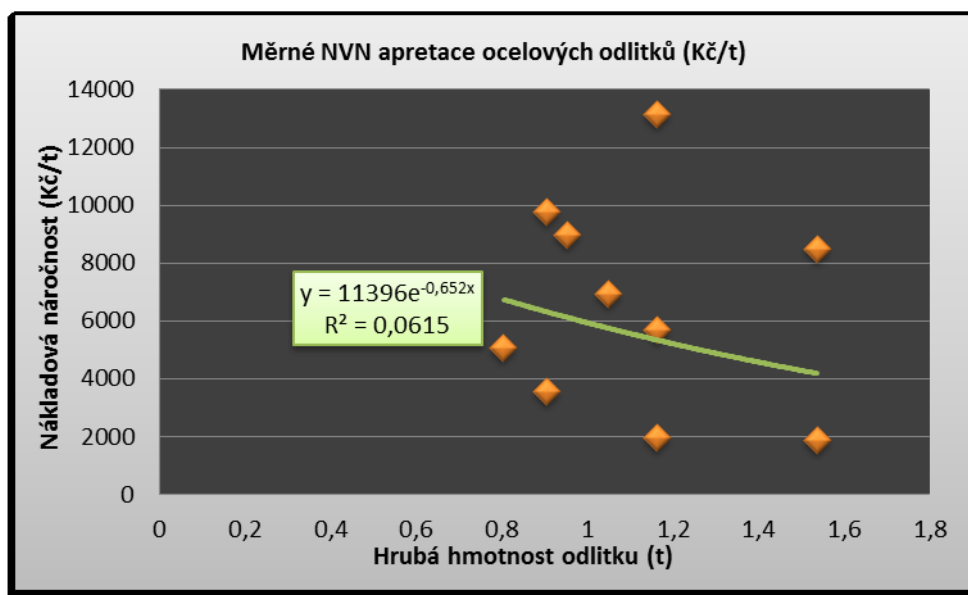
Měrná nákladovost (dále jen NVN) je vztažena na 1 t hrubé hmotnosti odlitků.

Obr. 6: Závislost měrných nákladů apretace na hrubé hmotnosti odlitků z LLG



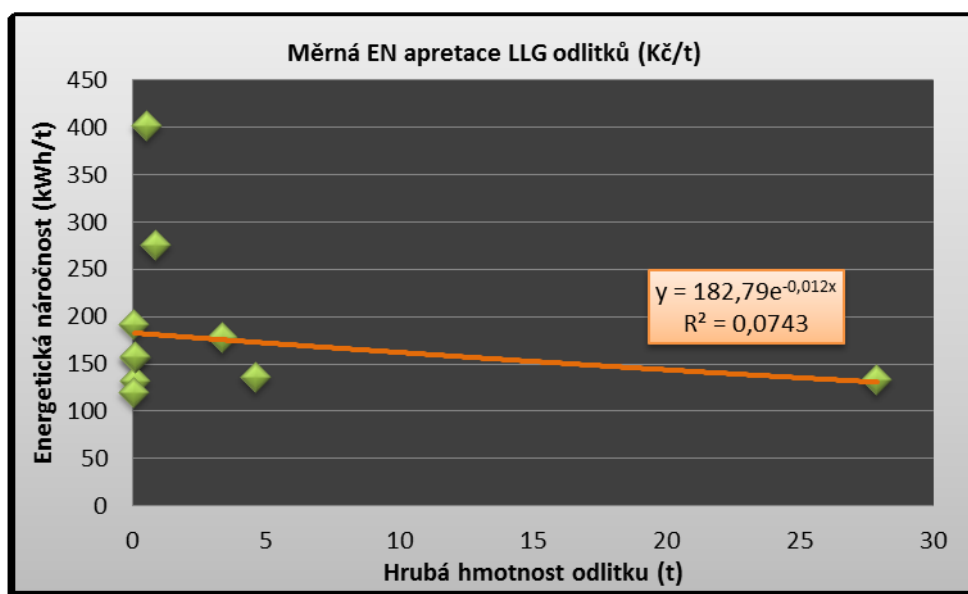
NVN u odlitků z LLG se pohybuje v rozmezí od 1207 Kč/t do 6205 Kč/t (viz Tab. 4). Z grafického znázornění se můžeme domnívat, že NVN se vzrůstající hmotností odlitků mohou klesat. Což do jisté míry způsobuje odlitek O.17 s hrubou hmotností 27,9 t. pokud bychom tento odlitek odebrali ze zkoumaného souboru odlitků, tato závislost by se neprojevila.

Obr. 7: Závislost měrných nákladů apretace na hrubé hmotnosti ocelových odlitků



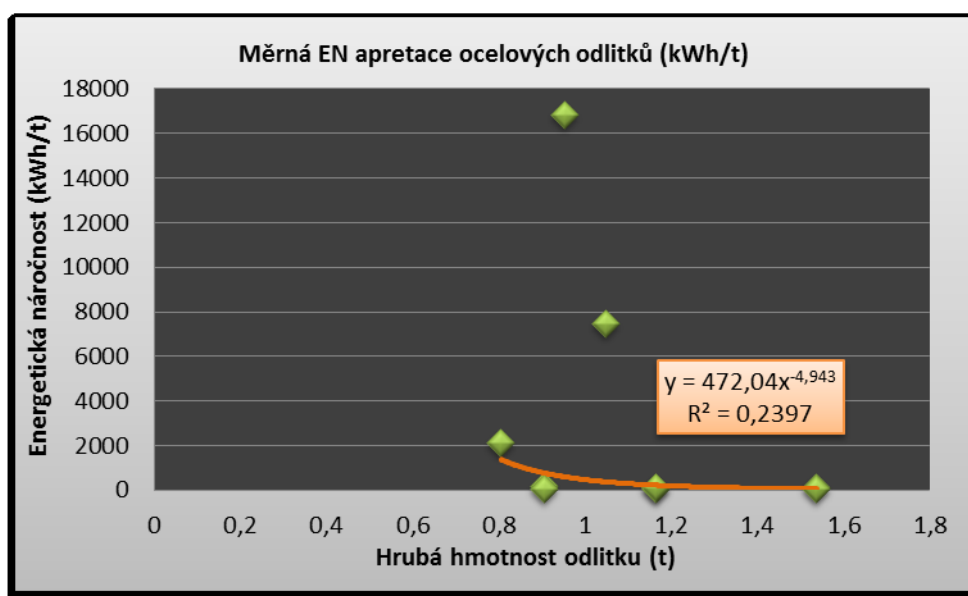
Měrná nákladovost u ocelových odlitků se pohybuje od 1865 Kč/t do 13117 Kč/t (viz tab. 4). Z pohledu na grafické znázornění vývoje NVN se může jevit jisté překrytí hodnot u odlitků s hrubou hmotností pohybující se okolo 1 tuny hrubé hmotnosti odlitků. Nemůžeme tedy potvrdit závislost měrné nákladovosti na hrubou hmotnost odlitků. Pro přesnější výsledky bychom měli rozšířit zkoumaný soubor odlitků.

Obr. 8: Závislost měrné energetické náročnosti apretace na hrubé hmotnosti odlitků z LLG



Energetická náročnost (dále jen EN) pro odlitky z LLG se pohybuje od 124 kWh/t do 402 kWh/t (viz Tab. 4). Z grafického znázornění můžeme pozorovat, že odlitky vykazují snižující se energetickou náročnost s růstem hrubé hmotnosti odlitků. Tato závislost může být způsobena stejně jako v obr. 6 odlitkem O.17 s hrubou hmotností 27,9 t, kde EN dosahuje hodnoty 3967 kWh. Pokud bychom tento odlitek odebrali z našeho zkoumaného souboru závislost by se zřejmě nepotvrdila.

Obr. 9: Závislost měrné energetické náročnosti apretace na hrubé hmotnosti ocelových odlitků



Vykázaná měrná energetická náročnost ocelových odlitků se pohybuje od 32 kWh/t do 16842 kWh/t (viz tab. 4). V obr. 9 dochází vzhledem k širokému intervalu hodnot měrné EN k překrytí hodnot měrné EN odlitků, které jsou v konkrétním případě i o dva řády nižší.

4.3 Návrh dalšího postupu

Předložená diplomová práce naznačila možné výstupy a výsledky nákladové a energetické náročnosti výroby tekutého kovu a apretace odlitků. Pro další šetření je nezbytné rozšířit počet zkoumaných odlitků, především u LKG. Druhou oblastí šetření je třeba zaměřit na výrobu tekutého kovu. Například na porovnání tavení LLG s apretací a to stejné porovnání provést pro ocelové odlitky.

Další možný postup naznačila diskuze na konferenci Oceláři 2013 [17], kde byla tato práce prezentována. Konkrétně se jedná o možné návrhy opatření pro redukci jak nákladové tak energetické náročnosti, s následnou analýzou dosažených výsledků.

V budoucnu by bylo vhodné veškeré zjištěné hodnoty detailněji rozebrat a podrobit je důkladné statistické analýze.

5 ZÁVĚR

Diplomová práce pojednává o výsledcích porovnání výrobní fáze tavení tekutého kovu a apretace odlitků u LKG. Srovnává nákladovou a energetickou náročnost výroby tekutého kovu a apretace odlitků.

Práce vychází projektu z PROJEKTU XII [10], který se věnoval nákladovému posouzení závěrečné fáze výroby odlitků – apretaci. Taktéž čerpá ze dvou diplomových prací studentů Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava, fakulty Metalurgie a materiálového inženýrství.

Cílem práce bylo stanovení dvou náročností (nákladová, energetická), které posuzují zkoumané odlitky z LKG, LLG a oceli. Dalším úkolem bylo provést úvodní posouzení všech získaných náročností a navrhnout další postup řešení.

Metodicky se proces výroby odlitků rozděluje na 4 fáze: výrobu tekutého kovu, přípravu formovacích hmot, výrobu forem a apretaci odlitků.

V úvodu se diplomová práce věnuje teoretickým východiskům zaměřeným na nákladovost (členění nákladů, neúplné vlastní náklady), dále představuje typy pecních agregátů a zaměřuje se na technologie výroby tekutého kovu i technologii apretace odlitků.

Poté jsou definovány posuzované náročnosti (nákladová, energetická). Materiálová představuje souhrn všech materiálových položek ve všech výrobních fázích. Energetická náročnost definuje spotřebu všech energií vynaložených výrobě odlitků. V tomto případě do ní nezapočítáváme další energie tzv. skryté.

Práce uzavírá návrhem dalšího možného postupu. Doporučuje rozšířit počet zkoumaných odlitků.

Vstupní data byla čerpána z 33 tavebních listů dvou tavičů poskytnutých slévárnou EUROCAST Košice s.r.o. Jednalo se o tavby LKG na elektrické obloukové peci. Tavič A provedl 17 taveb, tavič B 16 taveb. Nákladová náročnost tavby je 13680 Kč/t (po zohlednění předváhy 1,2 je to 16416 Kč/t). Energetická náročnost výroby tekutého kovu tedy činí 744 (respektive 893) kWh/t.

Pro porovnání obdobných náročností u apretace byl zvolen 147 kg odlitek Laterne. Jeho nákladová náročnost na apretaci činila 5190 Kč/t.

Energetická náročnost činila 109 kWh/odlitek. Po přepočtu na tunu byla 1512 kWh/t .

Došli jsme k závěru, že tavení LKG má 3,16krát vyšší náklady na tekutý kov než na apretaci. U energetické náročnosti je situace zcela odlišná. Tam je EN u apretace odlitku z LKG 1,7 krát vyšší než tavení tekuté fáze.

Přesto, že jsme prováděli srovnání s obdobnými výsledky u odlitků z LLG a z oceli musíme tyto výsledky považovat za předběžné a doložit je na dalších odlitcích z LKG.

Uvedená interpretace je úvodní. Je potřeba v řešení daného zkoumání nadále pokračovat. Je nezbytné, rozšířit počet zkoumaných odlitků a zaměřit se na porovnání náročnosti výroby odlitků z LLG a oceli.

Tato diplomová práce byla prezentována na 29. ročníku konference o teorii a praxi výroby a zpracování oceli ve dnech 4. a 5. dubna 2013 v lázeňském domě Libuše, v Karlově Studánce, v České republice. Diskuze, která následovala bezprostředně po přednášce, naznačila další možná pokračování zkoumání. Konkrétně jím byl návrh na opatření pro redukci nákladové a energetické náročnosti, následně provést opětovná měření, zajistit získaná data a tyto údaje následně podrobit analýze s původními výsledky.

Předložená diplomová práce jednoznačně dokládá, jak je důležité se zaměřit na energetickou náročnost výroby. Víme, že zásoby energetických zdrojů jsou omezené a jejich cena bude stoupat.

SEZNAM LITERATURY

- [1] SYNEK, M. a kol. *Podniková ekonomika*. Praha: C.H.Beck. 2010. ISBN 978-80-7400-336-2
- [2] POPESKO, B. *Moderní metody řízení nákladů*. Praha: GRADA. 2009. ISBN 978-80-247-2974-9
- [3] VOZŇÁKOVÁ, I., JANOVSÁ, K., MYNÁŘ, M., SIKOROVÁ, A., *Ekonomika podniku*. Studijní materiál VŠB – Technická univerzita Ostrava. 2008. ISBN 978-80-248-1760-6
- [4] JAIN, K., P., *Cost accounting*. Tata McGraw-Hill Education, 2000. ISBN: 0-07-040224-8
- [5] MRUZKOVÁ, J. *Kalkulace*. Studijní materiál VŠB - Technická univerzita Ostrava. 2006
- [6] DLUHOŠOVÁ, J., *Kalkulace*. Studijní materiál VŠB – Technická univerzita Ostrava.
- [7] GEDEONOVÁ, Z., JELČ, I., *Metalurgia liatin*. HF TU Košice. 2000. ISBN 80-7099-516-5
- [8] GHOSH, A., CHATTERJEE, A., *Ironmaking and steelmaking: Theory and Practice*. PHI Learning Private Limited. New Delhi. 2008. ISBN:978-81-203-3289-8
- [9] STELLMAN, M. J., *Encyclopeadia of occupation health and safety: Industry*. International Labour Organization. 1998. ISBN:9221098176

- [10] DONACHIE, J. M., *Superalloy*. ASM International. 2002. ISBN: 0-87170-749-7
- [11] ŠENBERGER, J. a kol., *Metalurgie oceli na odlitky*. Brno: VUTIUM. 2009. ISBN 978-80-214-3632-9
- [12] CHRÁST, J. *Slévárenská zařízení*. Brno: Vysoké učení technické v Brně. 2006. ISBN 80-7204-455-9
- [13] SLOVÁK, S. a RUSÍN, K. *Teorie slévání*. Praha: STNL – Vydavatelství technické literatury. 1990. ISBN 80-03-00400-4.
- [14] KAFKA, V., POLOKOVÁ, O., PAZDERKOVÁ, V., VYLETOVÁ, B., HERZÁN, M., LÁNA, I., NOVOBILSKÝ, L., DOUPOVEC, D., JELÍNEK, P., LASÁK, R., STANÍČKOVÁ, G. *Vypracování metodiky nákladového hodnocení výrobní fáze apretace odlitků. PROJEKT XII, závěrečná zpráva*. Brno: ČSS, 2012.
- [15] CHOLEVOVÁ, E., *Nákladová analýza výroby tekutého kovu*. Diplomová práce. Ostrava: VŠB-TU, FMMI 2012.
- [16] STROUHALOVÁ, M., *Posouzení nákladové náročnosti a vybraných ukazatelů efektivity apretace odlitků*. Diplomová práce. Ostrava: VŠB-TU, FMMI 2012.
- [17] NÁROŽNÝ, R., KAFKA, V., STROUHALOVÁ, M., *Posouzení nákladové a energetické náročnosti výroby tekutého kovu a apretace odlitků*. 29. ročník konference o teorii a praxi výroby a zpracování oceli, 4. - 5. 4. 2013. Karlova Studánka, Česká republika. TANGER s.r.o. 2013

SEZNAM ZKRATEK

ATP	automatizované technologické pracoviště
CZK	Česká koruna
ČR	Česká republika
ČSS	Česká slévárenská společnost
EN	energetická náročnost
EOP	elektrická oblouková pec
FMMI	fakulta metalurgie a materiálového inženýrství
IP	elektrická indukční pec
LKG	litina s kuličkovým grafitem
LLG	litina s lupínkovým
NVN	neúplné vlastní náklady
OK	odborná komise
PXII	PROJEKT XII
€	EURO

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Nákladová a energetická náročnost apretace ocelových odlitků	39
Obr. 2: Nákladová a energetická náročnost apretace odlitků z LLG.....	40
Obr. 3: Nákladová a energetická náročnost apretace odlitků z LKG.....	40
Obr. 4: Souhrnné porovnání nákladové náročnosti obou výrobních fází	41
Obr. 5: Souhrnné porovnání energetické náročnosti obou výrobních fází	42
Obr. 6: Závislost měrných nákladů apretace na hrubé hmotnosti odlitků z LKG	43
Obr. 7: Závislost měrných nákladů apretace na hrubé hmotnosti ocelových odlitků	43
Obr. 8: Závislost měrné energetické náročnosti apretace na hrubé hmotnosti odlitků z LLG.....	44
Obr. 9: Závislost měrné energetické náročnosti apretace na hrubé hmotnosti ocelových odlitků.....	45

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Typový kalkulační vzorec.....	11
Tab. 2: Souhrnný přehled odlitků.....	30
Tab. 3: Porovnání nákladové a energetické náročnosti u odlitků z LLG, LKG a oceli.....	36
Tab. 4: Porovnání obou náročností u výrobních fází.....	38

PŘÍLOHY

Příloha I: „Dotazník“ O.21.....	54
---------------------------------	----

PŘÍLOHA I: „DOTAZNÍK“ O.21

Dotazník O.21							
ř./sl.	1	2	3	4	5	6	7
1	A. Transport a odstranění zbytků formovačových směsí					jednotky	ENR 3668, laterne
2	A.1 Přeprava odlitku do čistírny						
3	A.1.1 Náklady na převoz			příkon jeřábu	[kW]		1,5
4				koeficient	[-]		0,3
5				doba provozu	[min/ks]		3
6				celkem A	kWh		0,023
7	B. Tryskání I (po vyčištění)						
8	B.1 Přeprava odlitku do tryskacího zařízení						
9	B.1.1 Náklady na převoz			příkon jeřábu	[kW]		1,5
10				koeficient	[0,3]		0,3
11				doba provozu	[min/ks]		4,2
12				doba práce tryskače	[min/ks]		2,8
13	B.2 Tryskání odlitku						
14	B.2.1 Náklady na provoz zařízení			příkon tryskacího zařízení	[kW]		8,7
15				koeficient	[-]		1
16				doba provozu	[min]		30
17	B.3 Přeprava odlitku z tryskacího zařízení						
18	B.3.1 Náklady na převoz			příkon jeřábu	[kW]		1,5
19				koeficient	[0,3]		0,3
20				doba provozu	[min/ks]		4,2
21				celkem B			4,413
22	D. Odstranění náližků a vtokové soustavy (hrubé odřezávání)						
23	D.1 Přeprava odlitku k odřezávání						
24	D.1.1 Náklady na převoz			příkon jeřábu	[kW]		1,5
25				koeficient	[0,3]		0,3
26				doba provozu	[min/ks]		3
27	D.2 Příprava a manipulace s odlitkem						
28	D.2.1 Náklady na manipulaci			příkon jeřábu	[kW]		1,5
29				koeficient	[0,3]		0,3
30				doba provozu	[min/ks]		2,2
31	D.3 odřezávání náližků a vtoků, čištění						
32	D.3.1 Náklady na provoz zařízení			příkon	[kW]		1,5
33				koeficient	[-]		0,9
34				doba provozu	[min/ks]		4,3
35				spotřeba stlačeného vzduchu	[m³/min]		1,8
36				cena vzduchu	[Kč/m³]		1
37	D.4 Přeprava odlitku po odřezání			cena kotoučů	Kč/ks		72
38	D.4.1 Náklady na převoz			příkon jeřábu	[kW]		1,5
39				koeficient	[-]		0,3
40				doba provozu	[min/ks]		2
41	D.5 Úklid odřezaných částí						
42	D.5.1 Náklady na převoz			příkon jeřábu	[kW]		1,5
43				koeficient	[0,3]		0,3
44				doba provozu	[min/ks]		1,8
45				celkem D			1,08
46	E. Úprava plochy po odřezání vtoků a náližků (jemné broušení)						
47	E.1 Přeprava odlitku k broušení						
48	E.1.1 Náklady na převoz			příkon jeřábu	[kW]		1,5
49				koeficient	[0,3]		0,3
50				doba provozu	[min/ks]		2
51	E.2 Příprava a manipulace s odlitkem						

52			příkon jeřábu	[kW]	1,5
53		E.2.1 Náklady na manipulaci	koeficient	[0,3]	0,3
54			doba provozu jeřábu	[min/ks]	2,2
55		E.3 jemné broušení			
56			příkon	[kW]	1,5
57		E.3.1 Náklady na provoz zařízení	koeficient	[-]	0,93
58			doba provozu	[min/ks]	28,8
59			celkem E		0,7155
60		G. Zavařování vad I			
61		G.1 Přeprava odlitku k zavařování			
62			příkon jeřábu	[kW]	1,5
63		G.1.1 Náklady na převoz	koeficient	[0,3]	0,3
64			doba provozu	[min/ks]	2
65		G.2 Příprava a manipulace s odlítkem			
66			příkon jeřábu	[kW]	1,5
67		G.2.1 Náklady na manipulaci	koeficient	[0,3]	0,3
68			doba provozu	[min/ks]	1,8
69			celkem G		0,0285
70		C. Tepelné zpracování (snižování vnitřního prutu)			
71		C.1 Přeprava odlitku k TZ			
72			příkon jeřábu	[kW]	1,1
73		C.1.1 Náklady na převoz	koeficient	[-]	0,3
74			doba provozu	[min]	2,2
75		C.2 Tepelné zpracování			
76			příkon pece	[kW]	32
77		C.2.1 Náklady na provoz zařízení	koeficient	[-]	0,75
78			doba provozu	[min]	540
79		C.3 Přeprava odlitku z TZ			
80			převoz VZV	[Kč/hod]	32
81			koeficient	[-]	
82		C.3.1 Náklady na převoz	doba provozu	[min]	5
83			příkon jeřábu	[kW]	1,1
84			koeficient	[-]	0,3
85			doba provozu	[min]	2,2
86			celkem C		216,0242
87		H. Jemné broušení, ruční frézování			
88		H.1 Přeprava odlitku k broušení			
89			příkon jeřábu	[kW]	1,5
90		E.1.1 Náklady na převoz	koeficient	[0,3]	0,3
91			doba provozu	[min/ks]	2
92		H.2 Příprava a manipulace s odlítkem			
93			příkon jeřábu	[kW]	1,5
94		E.2.1 Náklady na manipulaci	koeficient	[0,3]	0,3
95			doba provozu	[min/ks]	2
96			CELKEM		222,3336